บทที่ 5
วิเคราะห์ผลการทดสอบ

5.1 ผลของเถ้าลอยต่อค่าการยุบตัวของคอนกรีตสด

จากผลการทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีตสด พบว่าเมื่อใส่เถ้าลอยทั้งแบบคัดแยกและไม่คัดแยกขนาดในส่วนผสมในปริมาณที่มากขึ้นจะทำให้ความต้องการน้ำของส่วนผสมคอนกรีตสำหรับค่าการยุบตัวที่กำหนดลดลง อันเป็นผลมาจากลักษณะของอนุภาคเถ้าลอยแม่เมาะที่มีลักษณะของอนุภาคเป็นทรงกลมทำให้การไหลลื่นของคอนกรีตดีขึ้นจึงช่วยให้ความสามารถเทได้ของคอนกรีตดีขึ้น นอกจากนั้นแล้วยังเห็นได้ว่าคอนกรีตที่ใช้เถ้าลอยแบบคัดแยกขนาดเป็นส่วนผสมสามารถลดความต้องการน้ำของส่วนผสมคอนกรีตสำหรับค่าการยุบตัวที่กำหนดได้มากกว่าคอนกรีตที่ใช้เถ้าลอยแบบไม่คัดแยกเป็นส่วนผสม เพราะว่าเถ้าลอยแบบคัดแยกขนาดมีความละเอียดสูงกว่า และประกอบไปด้วยอนุภาคทรงกลมขนาดเล็กๆ เป็นส่วนมากดังจะเห็นได้จากรูปที่ 4.3 ซึ่งต่างจากเถ้าลอยแบบไม่คัดแยกขนาดที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ผิวไม่เรียบและมีรูพรุนรวมอยู่ด้วย จากตารางที่ 5.1 แสดงร้อยละปริมาณความต้องการน้ำที่ลดลงสำหรับค่าการยุบตัว 5-8 ซม.

ตารางที่ 5.1 ร้อยละปริมาณน้ำที่ลดลงในส่วนผสมสำหรับคอนกรีตผสมเถ้าลอยเมื่อเทียบกับคอนกรีตไม่ผสมเถ้าลอย ที่มีค่าการยุบตัว 5 - 8 ซม.

		W/(C+P)			
ชนิดเถ้าลอย	%การแทนที่	0.35	0.38	0.41	0.44
ไม่ผสมเถ้าลอย	0%	0	0	0	0
ผสมเถ้าลอยแบบไม่คัดแยก	15%	2.6	2.6	1.9	1.6
	25%	4.9	5.3	4.0	3.8
	35%	7.5	7.9	6.1	5.4
ผสมเถ้าลอยแบบคัดแยก	15%	3.9	4.2	4.0	2.7
	25%	6.5	6.8	6.7	4.9
	35%	9.1	9.5	9.3	7.0

ดังนั้นในการพิจารณาการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตผสมเถ้าลอย ในขั้นตอนของการกำหนดปริมาณน้ำนอกจากจะต้องคำนึงถึงขนาดหินใหญ่สุดแล้ว ยังต้องคำนึงถึงปริมาณเถ้าลอยและขนาดของเถ้าลอยที่ใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วย

5.2 การวิเคราะห์กำลังอัดของคอนกรีตผสมเถ้าลอยแม่เมาะ

จากผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตผสมเถ้าลอยในบทที่ 4 พบว่า คอนกรีตผสมเถ้าลอยแม่เมาะแบบคัดแยกขนาดด้วยเครื่องคัดแยกของโรงไฟฟ้าแม่เมาะจะเริ่มให้กำลังอัดใกล้เคียงหรือสูงกว่าคอนกรีตที่ไม่ผสมเถ้าลอยหลังจากอายุ 7 วัน ไปแล้วที่ทุกอัตราส่วน W/(C+P) ซึ่งให้ผลใกล้เคียงกับผลการศึกษาของเอกภพ อังศุวัฒนา และคณะ (2540) ที่ใช้เถ้าลอยแม่เมาะความละเอียดสูง (ความละเอียดแบบเบลนเท่ากับ 14671 ซม.^{2}/ก.) เป็นส่วนผสมร่วมกับสารลดน้ำ ที่อัตราส่วน W/(C+P) เท่ากับ 0.26 ส่วนกำลังอัดของคอนกรีตผสมเถ้าลอยแบบไม่คัดแยกขนาดจะเริ่มมีกำลังอัดใกล้เคียงหรือสูงกว่าคอนกรีตที่ไม่ผสมเถ้าลอยที่อายุ 28 วันสำหรับปริมาณการแทนที่ด้วยเถ้าลอยร้อยละ 25 และ 35 ที่ทุกอัตราส่วน W/(C+P) นอกจากนั้นแล้วยังพบว่าคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยแบบคัดแยกขนาดจะมีการพัฒนากำลังที่ดีกว่าคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยแบบไม่คัดแยก และจากผลกำลังอัดของคอนกรีตที่ได้ทั้งแบบที่ใช้เถ้าลอยแบบคัดแยกขนาดและไม่คัดแยกขนาดในปริมาณการแทนที่ร้อยละ 25 ขึ้นไปพบว่ากำลังอัดของคอนกรีตเพิ่มขึ้นมากเมื่ออายุมากขึ้น แสดงว่า เถ้าลอยแม่เมาะมีคุณสมบัติช่วยเพิ่มกำลังอัดให้กับคอนกรีตได้ และจากผลการทดสอบ สามารถวิเคราะห์ผลได้ดังนี้

5.2.1 กำลังอัดของคอนกรีตผสมเถ้าลอยแม่เมาะ

จากตารางที่ 4.6 และตารางที่ 5.2 แสดงผลกำลังอัดเฉลี่ยของคอนกรีตผสมเถ้าลอยและผลการปรียบเทียบกำลังอัดของคอนกรีตผสมเถ้าลอยกับกำลังอัดของคอนกรีตควบคุม(ไม่ผสมเถ้าลอย) ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานระหว่าง 0.35 ถึง 0.44 ตามลำดับ จากตารางดังกล่าวสังเกตพบว่าคอนกรีตผสมเถ้าลอยแม่เมาะแบบคัดแยกขนาดร้อยละ 15 25 และ 35 จะให้กำลังน้อยกว่าคอนกรีตควบคุมที่อายุ 1 วัน แต่จะเริ่มมีกำลังอัดใกล้เคียงหรือสูงกว่าคอนกรีตควบคุมที่อายุ 7 วันขึ้นไป โดยที่ทุกอัตราส่วน W/(C+P) จะให้ผลเช่นเดียวกัน ส่วนคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยแบบไม่คัดแยกขนาดนั้น พบว่าที่ปริมาณการแทนที่ด้วยเถ้าลอยร้อยละ 25 และ 35 จะมีกำลังอัดใกล้เคียงหรือมากกว่าคอนกรีตควบคุมที่อายุ 28 และ 56 วันทุกอัตราส่วน W/(C+P) และที่ปริมาณการแทนที่ร้อยละ 15 และอัตราส่วน W/(C+P) เท่ากับ 0.38 0.41 และ 0.44 จะเริ่มให้กำลังอัดใกล้

เคียงกับคอนกรีตควบคุมที่อายุ 56 วัน และจากผลกำลังอัดทั้งหมดที่ได้จากการทดสอบสามารถสังเกตได้ว่า

1. เมื่อพิจารณาผลของอัตราส่วน W/(C+P) ต่อกำลังอัดของคอนกรีตที่ไม่แทนที่และแทนที่ด้วยเถ้าลอยทั้งแบบคัดแยกขนาดและไม่คัดแยกขนาด ที่ปริมาณการแทนที่ร้อยละ 15 25 และ 35 มีค่าลดลงทุกอายุเมื่ออัตราส่วน W/(C+P) เพิ่มมากขึ้น โดยที่อายุมากขึ้นแนวโน้มที่กำลังอัดจะลดลงนั้นน้อยลง ดังรูปที่ 5.1 ถึง 5.7 และตารางที่ 4.6 และ 5.2

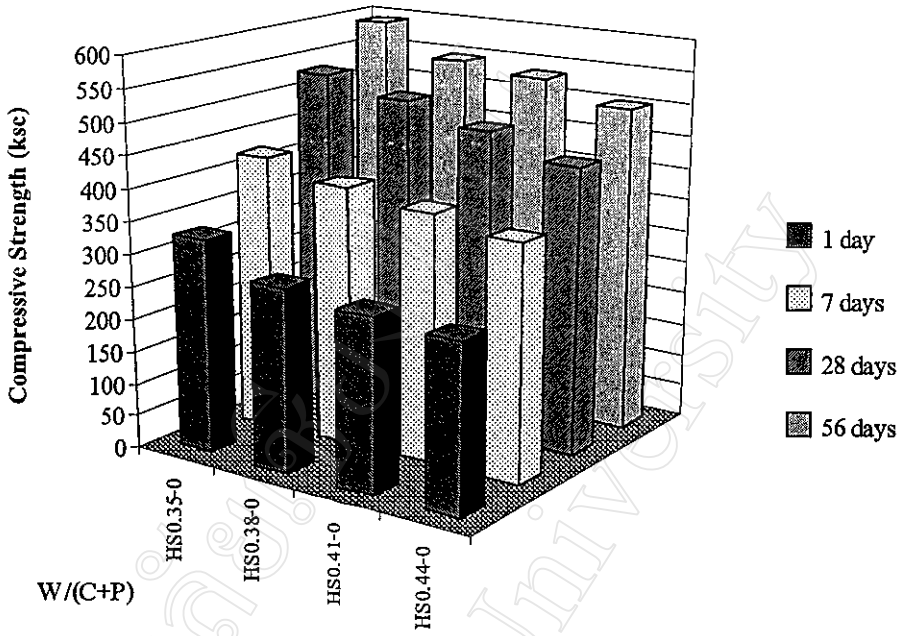
2. เมื่อพิจารณาถึงผลของความละเอียดของเถ้าลอยที่ต่อกำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอย พบว่าในแต่ละปริมาณร้อยละการแทนที่ของเถ้าลอย จากตารางที่ 5.2 และรูปที่ 5.8 ถึง 5.11 คอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยแบบคัดแยกขนาด ซึ่งมีความละเอียดมากกว่าจะให้กำลังอัดที่สูงกว่าคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยแบบไม่คัดแยกขนาดที่ทุกอัตราส่วน W/(C+P) และทุกอายุของคอนกรีต

3. เมื่อพิจารณาถึงปริมาณการแทนที่ของเถ้าลอยที่มีต่อกำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยดังผลที่แสดงในตารางที่ 5.2 และรูปที่ 5.1 ถึง 5.7 พบว่าในคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยแบบคัดแยกขนาด ที่อายุ 1 วันคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยร้อยละ 15 ให้กำลังอัดสูงสุดและมีกำลังอัดลดลงเมื่อปริมาณการแทนที่ด้วยเถ้าลอยมากขึ้นในทุกอัตราส่วน W/(C+P) ที่อายุ 7 วันคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยร้อยละ 25 มีแนวโน้มที่จะให้กำลังอัดสูงสุดในแต่ละอัตราส่วน W/(C+P) ยกเว้นที่อัตราส่วน W/(C+P) เท่ากับ 0.41ร้อยละ 35 จะให้กำลังอัดสูงสุด ที่อายุ 28 วันคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยร้อยละ 25 จะให้กำลังอัดสูงสุดและร้อยละ 35 จะให้กำลังอัดสูงกว่าร้อยละ 15 และที่อายุ 56 วันคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยร้อยละ 35 จะให้กำลังอัดสูงที่สุดและกำลังอัดจะลดลงเมื่อปริมาณการแทนที่ด้วยเถ้าลอยลดลง

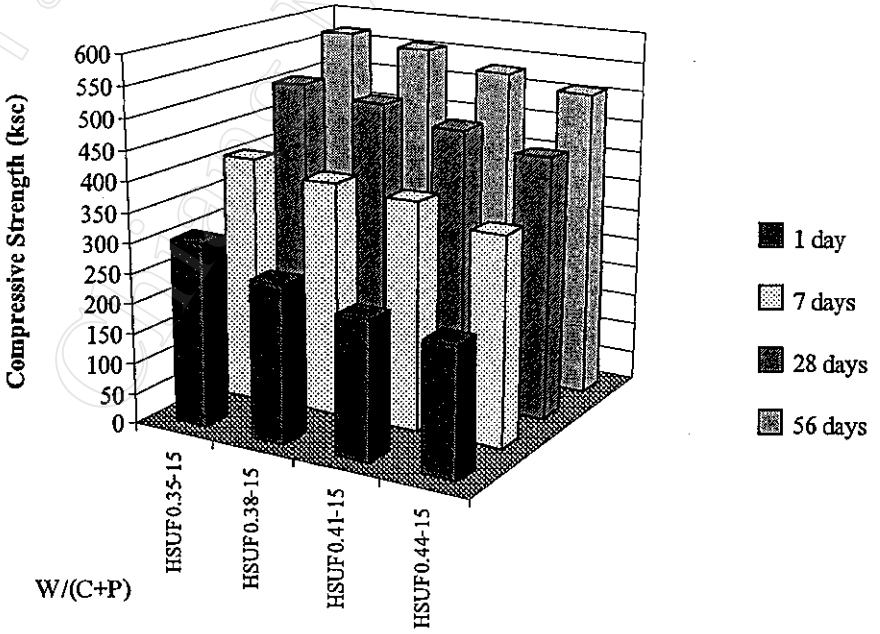
ส่วนในคอนกรีตผสมเถ้าลอยแบบไม่คัดแยกขนาดนั้น ที่อายุ 1วันและ 7 วันคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยร้อยละ 15 จะให้กำลังอัดสูงสุดและลดลงเมื่อปริมาณการแทนที่ด้วยเถ้าลอยมากขึ้นในทุกอัตราส่วน W/(C+P) ที่อายุ 28 วันคอนกรีตคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยร้อยละ 25 จะให้กำลังอัดสูงสุดและร้อยละ 35 จะให้กำลังอัดสูงกว่าร้อยละ 15 และที่อายุ 56 วันคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยร้อยละ 25 และ 35 จะให้กำลังอัดใกล้เคียงกันและสูงกว่าคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยร้อยละ 15

ตารางที่ 5.2 กำลังอัดเปรียบเทียบของคอนกรีตผสมเถ้าลอยกับคอนกรีตควบคุม

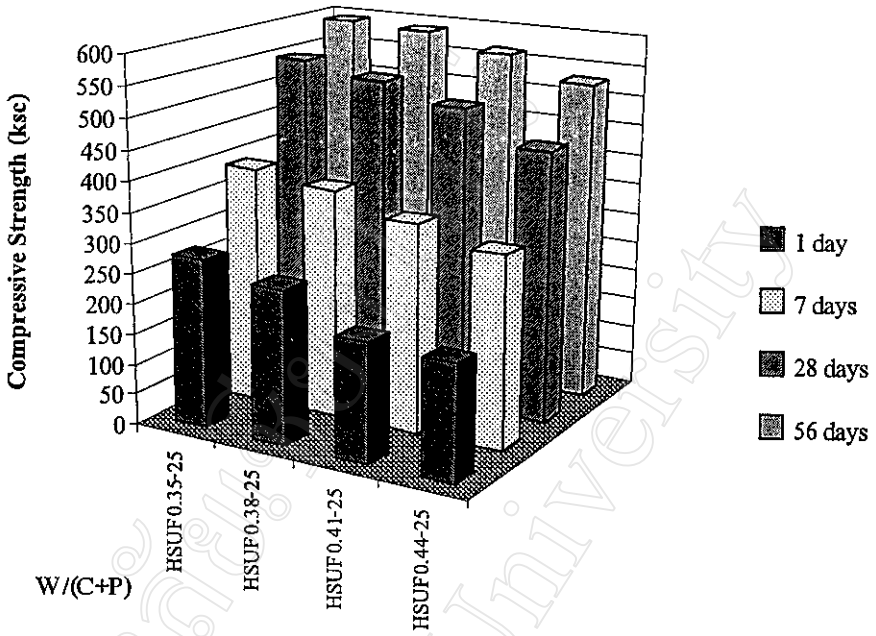
ชื่อตัวอย่าง	อัตราส่วน W/(C+P)	ร้อยละเถ้าลอย	ร้อยละของกำลังอัดเปรียบเทียบกับคอนกรีตควบคุม			
			1 วัน	7 วัน	28 วัน	56 วัน
HS0.35-0	0.35	0	100	100	100	100
HSUF0.35-15	0.35	15	92	96	95	96
HSUF0.35-25	0.35	25	84	93	103	100
HSUF0.35-35	0.35	35	68	88	102	100
HSCF0.35-15	0.35	15	100	101	108	107
HSCF0.35-25	0.35	25	93	106	111	115
HSCF0.35-35	0.35	35	84	101	109	117
HS0.38-0	0.38	0	100	100	100	100
HSUF0.38-15	0.38	15	92	97	97	102
HSUF0.38-25	0.38	25	90	95	105	108
HSUF0.38-35	0.38	35	77	93	100	108
HSCF0.38-15	0.38	15	96	104	106	112
HSCF0.38-25	0.38	25	97	105	112	117
HSCF0.38-35	0.38	35	85	101	110	124
HS0.41-0	0.41	0	100	100	100	100
HSUF0.41-15	0.41	15	86	98	97	99
HSUF0.41-25	0.41	25	74	90	105	106
HSUF0.41-35	0.41	35	70	89	101	107
HSCF0.41-15	0.41	15	89	100	107	107
HSCF0.41-25	0.41	25	90	102	116	118
HSCF0.41-35	0.41	35	76	104	110	120
HS0.44-0	0.44	0	100	100	100	100
HSUF0.44-15	0.44	15	82	95	98	101
HSUF0.44-25	0.44	25	73	88	102	106
HSUF0.44-35	0.44	35	66	80	99	105
HSCF0.44-15	0.44	15	89	100	106	112
HSCF0.44-25	0.44	25	88	107	124	123
HSCF0.44-35	0.44	35	75	103	116	125



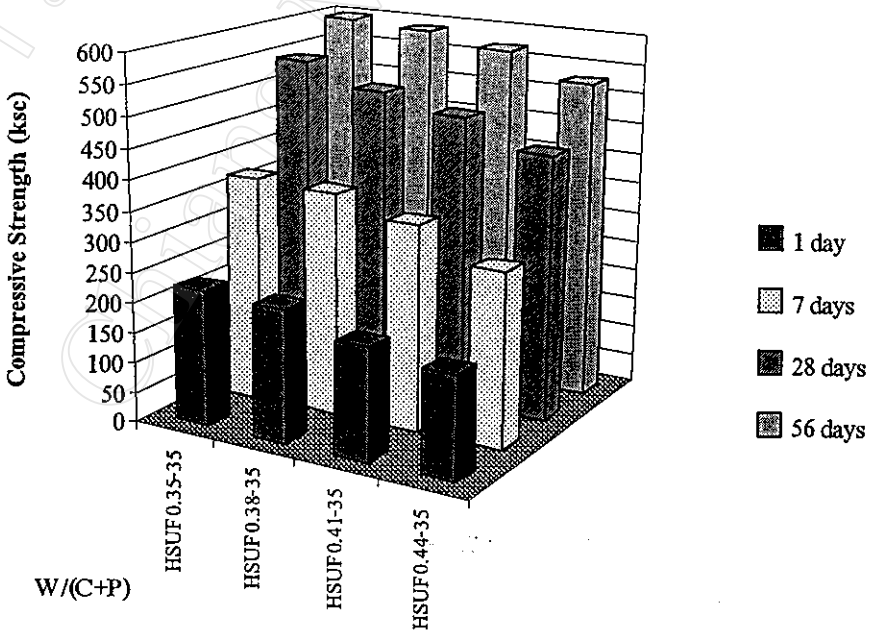
รูปที่ 5.1 กำลังอัดของคอนกรีตที่ไม่ผสมเถ้าลอย ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานต่างๆ เมื่อมีอายุ 1- 56 วัน



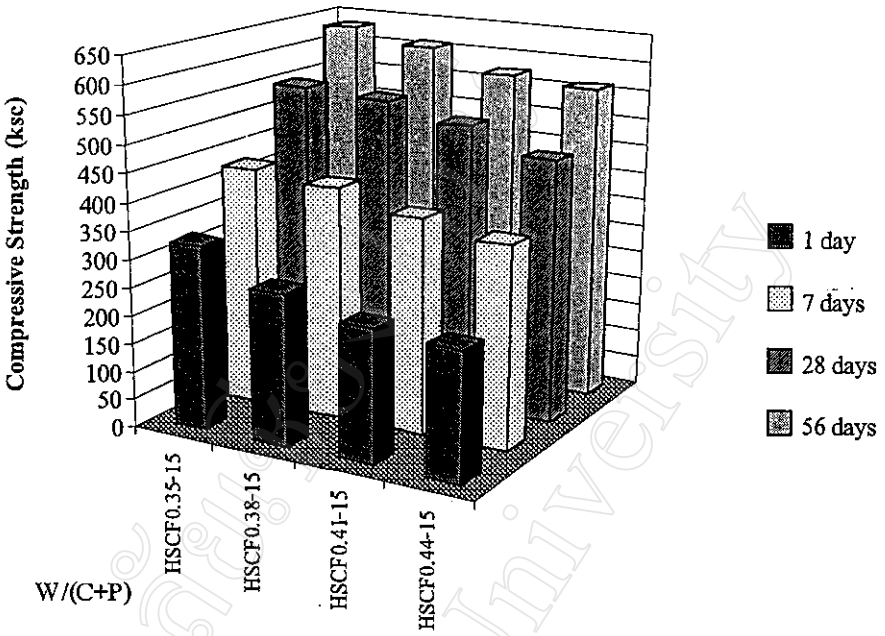
รูปที่ 5.2 กำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยแบบไม่คัดแยกขนาดโดยการแทนที่ร้อยละ 15 ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานต่างๆ เมื่อมีอายุ 1- 56 วัน



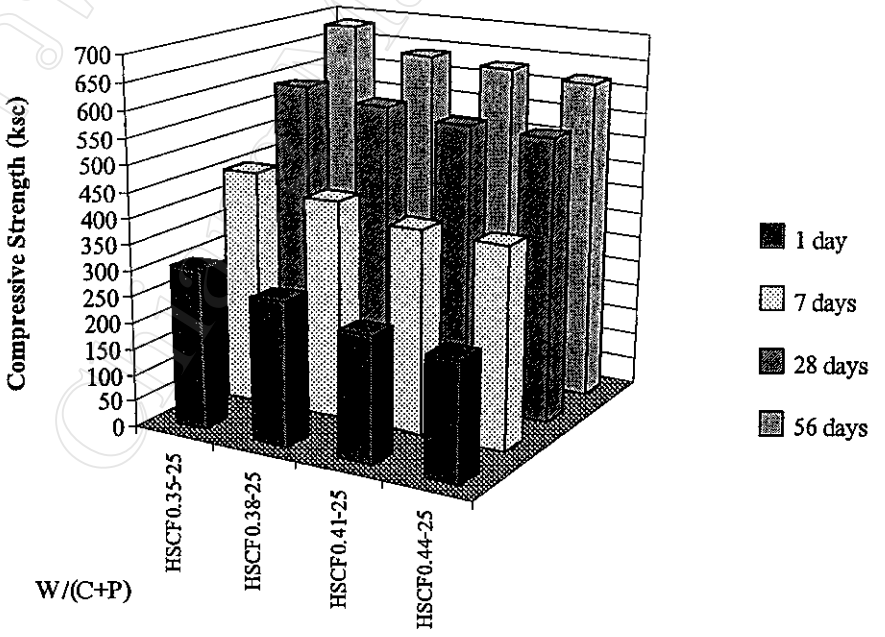
รูปที่ 5.3 กำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยแบบไม่คัดแยกขนาดโดยการแทนที่ร้อยละ 25 ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานต่างๆ เมื่อมีอายุ 1- 56 วัน



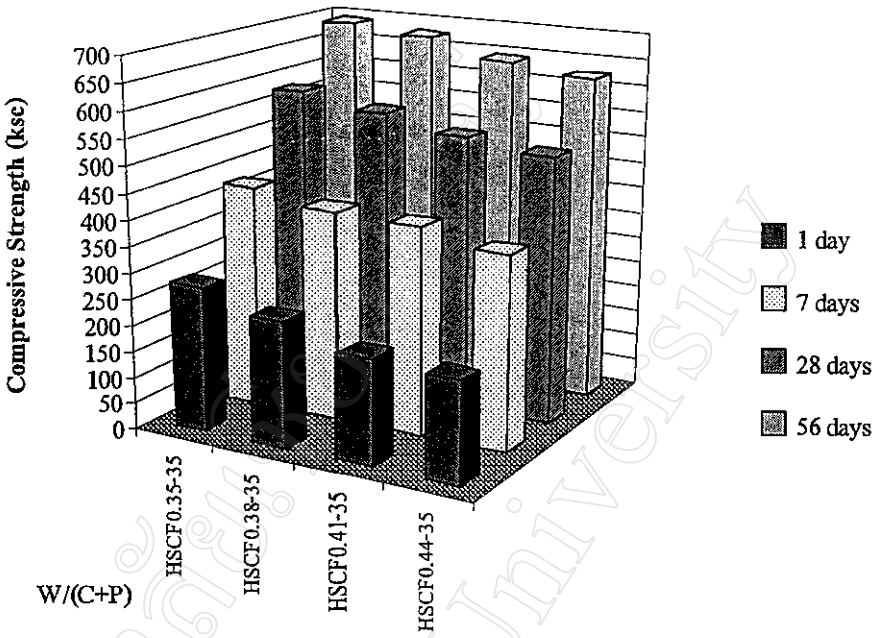
รูปที่ 5.4 กำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยแบบไม่คัดแยกขนาดโดยการแทนที่ร้อยละ 35 ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานต่างๆ เมื่อมีอายุ 1- 56 วัน



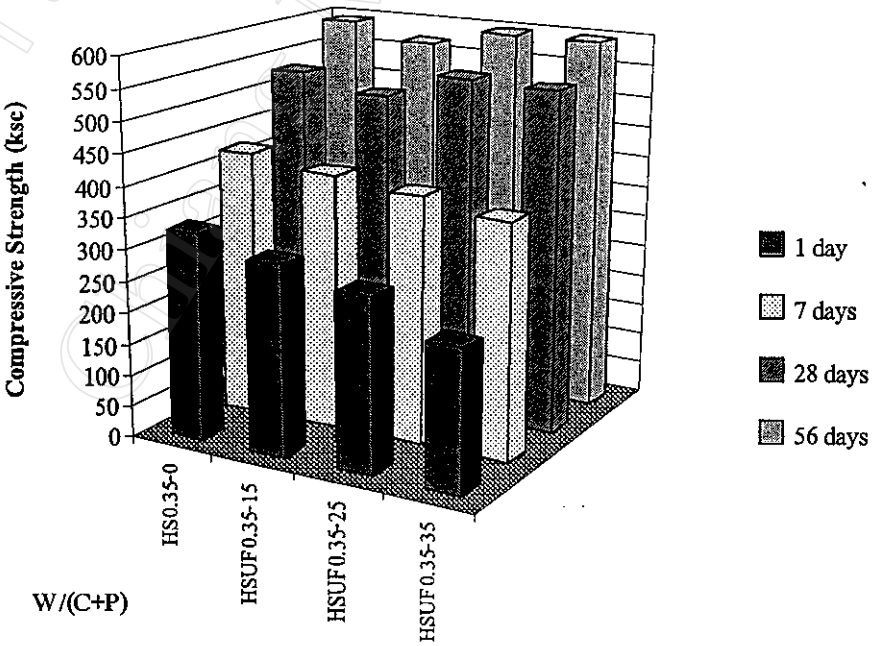
รูปที่ 5.5 กำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยแบบคัดแยกขนาดโดยการแทนที่ร้อยละ 15 ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานต่างๆ เมื่อมีอายุ 1- 56 วัน



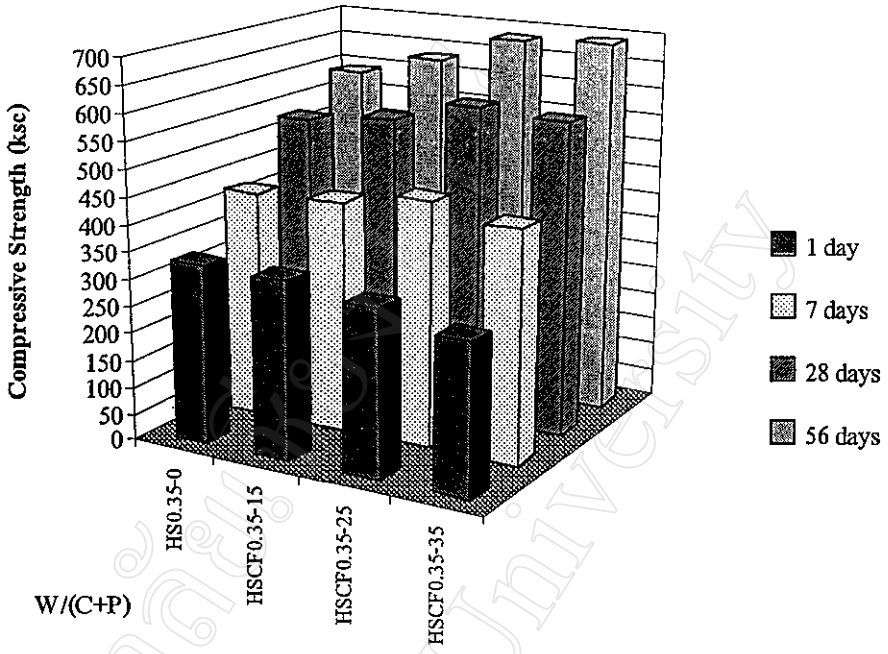
รูปที่ 5.6 กำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยแบบคัดแยกขนาดโดยการแทนที่ร้อยละ 25 ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานต่างๆ เมื่อมีอายุ 1- 56 วัน



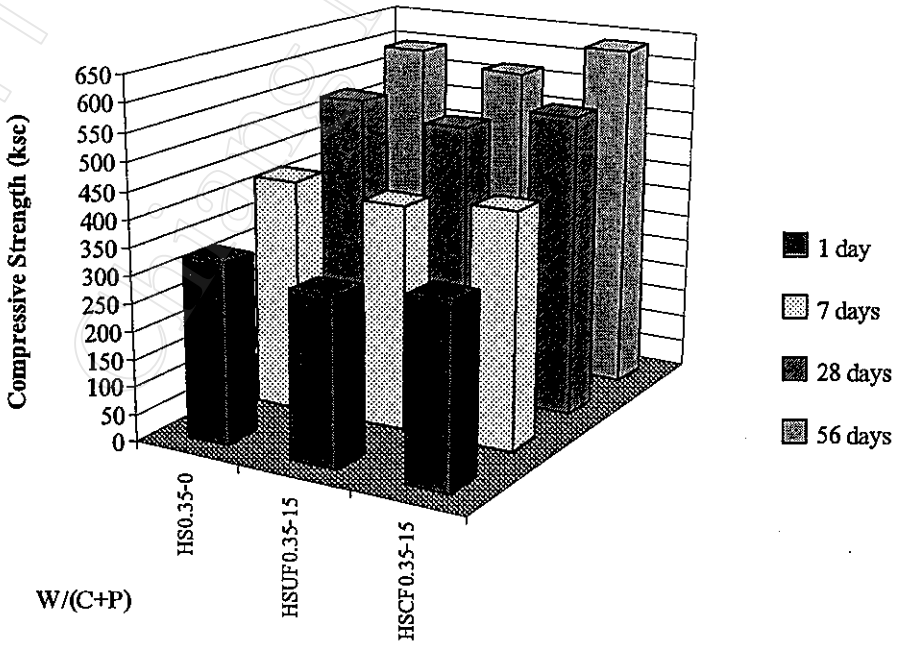
รูปที่ 5.7 กำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยแบบคัดแยกขนาดโดยการแทนที่ร้อยละ 35 ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานต่างๆ เมื่อมีอายุ 1- 56 วัน



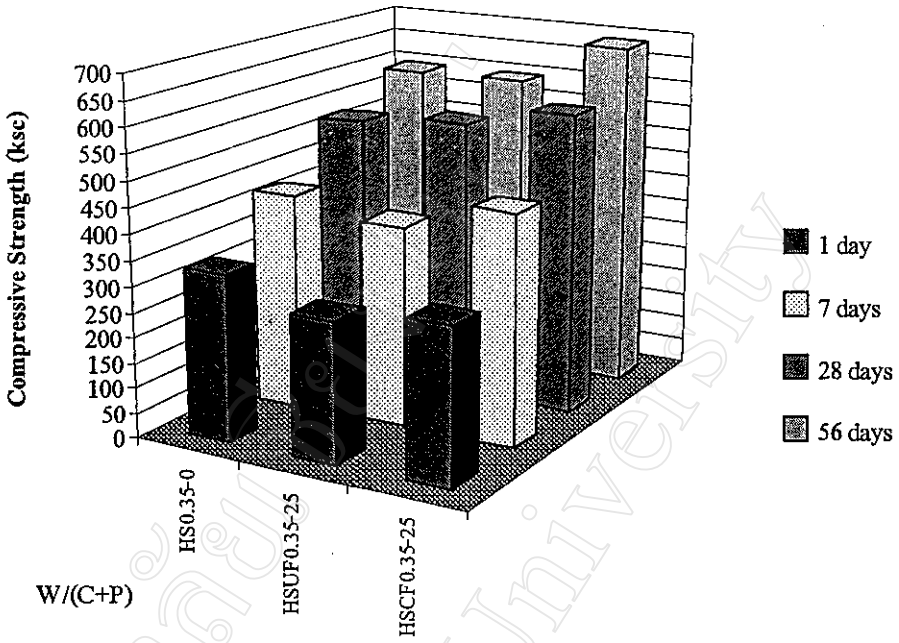
รูปที่ 5.8ก กำลังอัดของคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยแบบไม่คัดแยกขนาดในปริมาณต่างๆ เทียบกับคอนกรีตควบคุม ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานเท่ากับ 0.35 เมื่อมีอายุ 1- 56 วัน



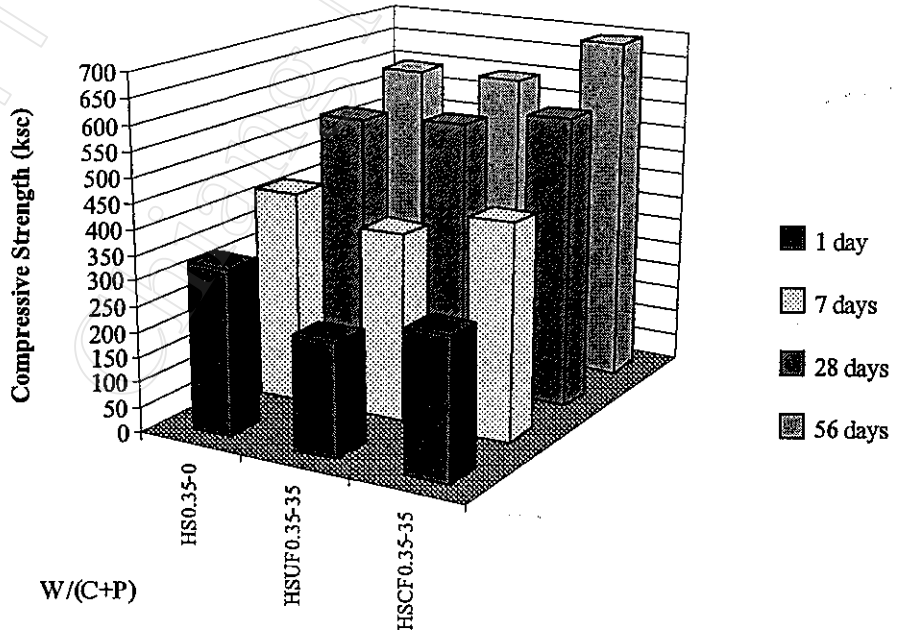
รูปที่ 5.8ข กำลังอัดของคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยแบบคัดแยกขนาดในปริมาณต่างๆ เทียบกับคอนกรีตควบคุม ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานเท่ากับ 0.35 เมื่อมีอายุ 1- 56 วัน



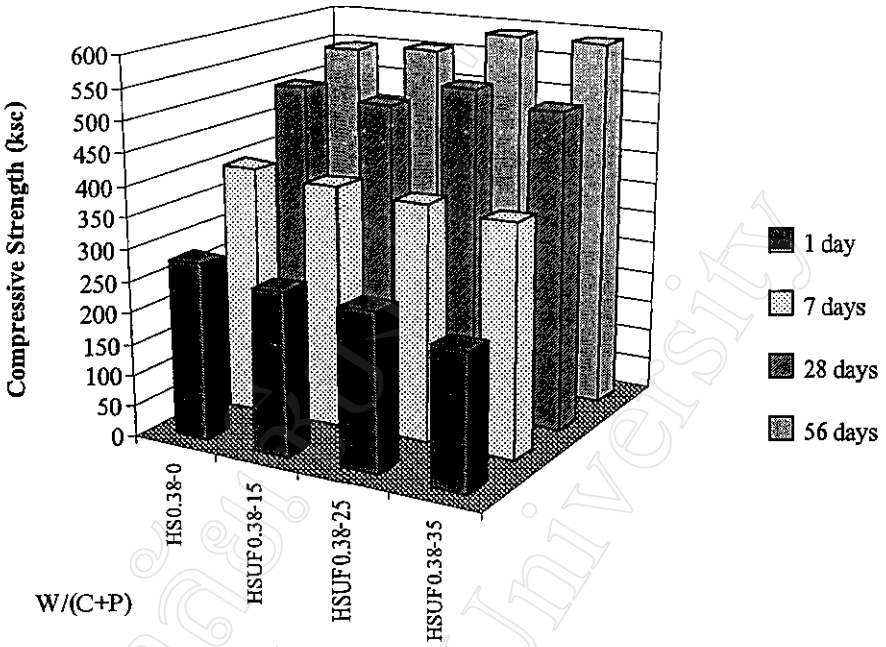
รูปที่ 5.8ค กำลังอัดของคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยแบบต่างๆ ในปริมาณร้อยละ 15 เทียบกับคอนกรีตควบคุม ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานเท่ากับ 0.35 เมื่อมีอายุ 1- 56 วัน



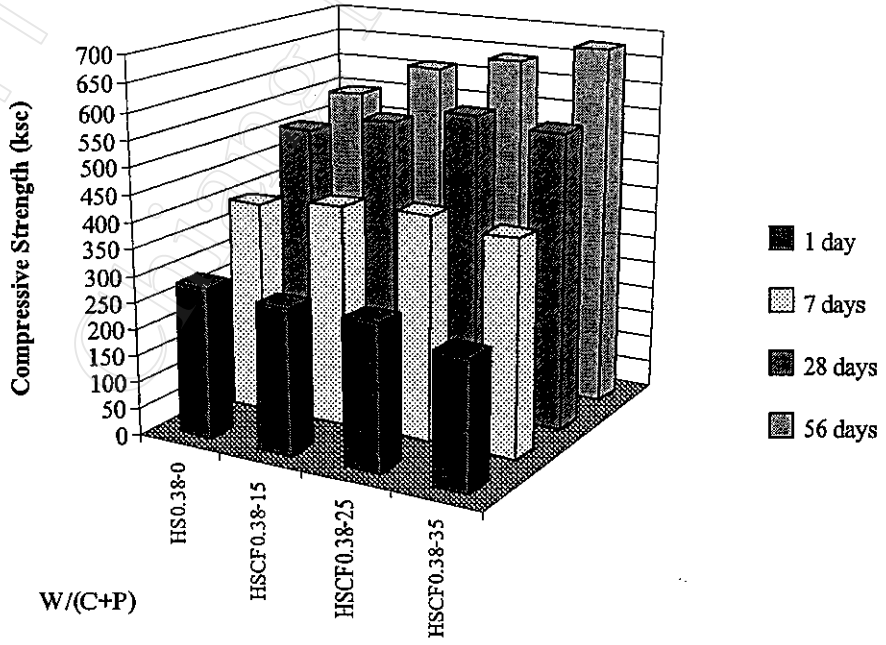
รูปที่ 5.8ง กำลังอัดของคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยแบบต่างๆ ในปริมาณร้อยละ 25 เทียบกับคอนกรีตควบคุม ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานเท่ากับ 0.35 เมื่อมีอายุ 1- 56 วัน



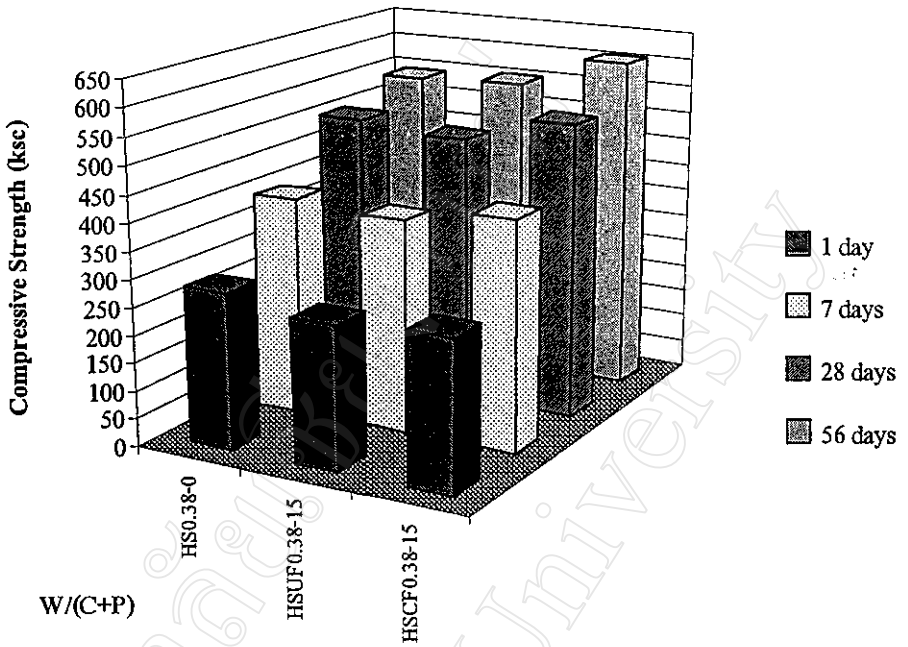
รูปที่ 5.8จ กำลังอัดของคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยแบบต่างๆ ในปริมาณร้อยละ 35 เทียบกับคอนกรีตควบคุม ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานเท่ากับ 0.35 เมื่อมีอายุ 1- 56 วัน



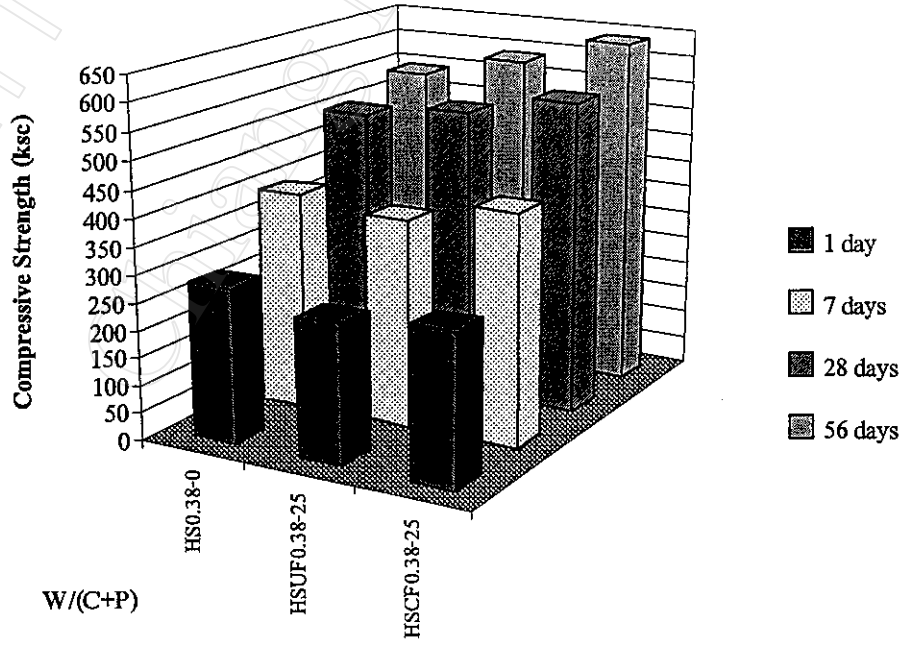
รูปที่ 5.9ก กำลังอัดของคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยแบบไม่คัดแยกขนาดในปริมาณต่างๆ เทียบกับคอนกรีตควบคุม ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานเท่ากับ 0.38 เมื่อมีอายุ 1- 56 วัน



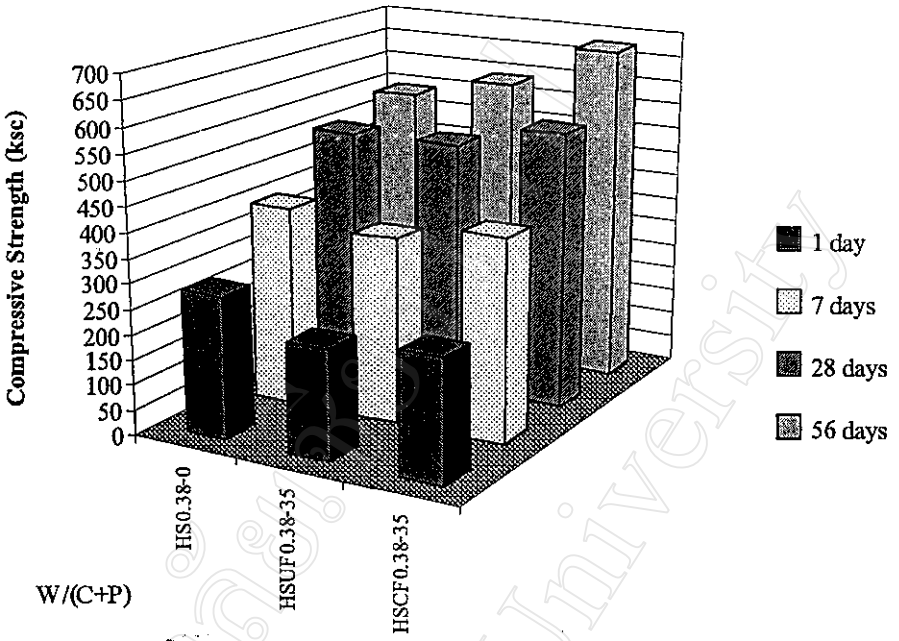
รูปที่ 5.9ข กำลังอัดของคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยแบบคัดแยกขนาดในปริมาณต่างๆ เทียบกับคอนกรีตควบคุม ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานเท่ากับ 0.38 เมื่อมีอายุ 1- 56 วัน



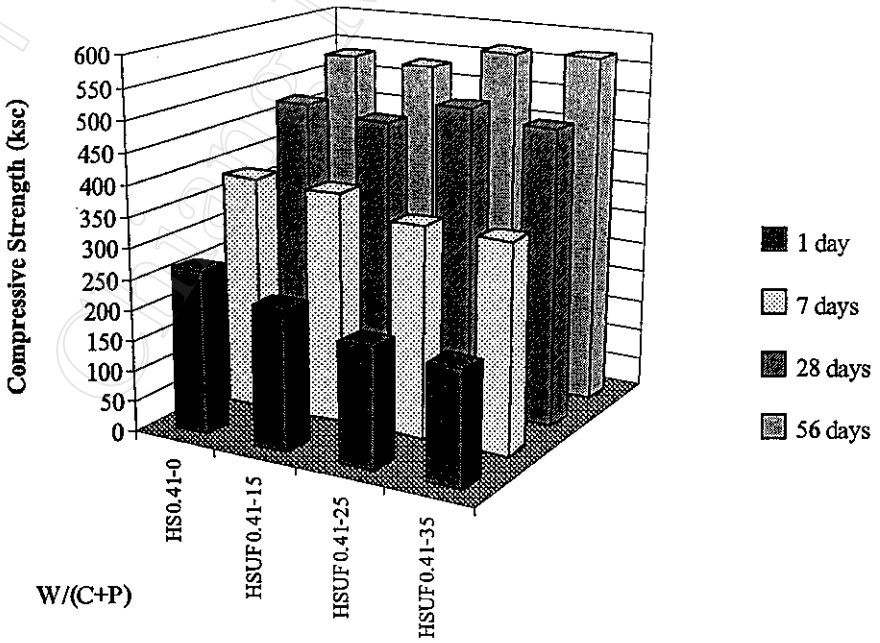
รูปที่ 5.9ค กำลังอัดของคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยแบบต่างๆ ในปริมาณร้อยละ 15 เทียบกับคอนกรีตควบคุม ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานเท่ากับ 0.38 เมื่อมีอายุ 1- 56 วัน



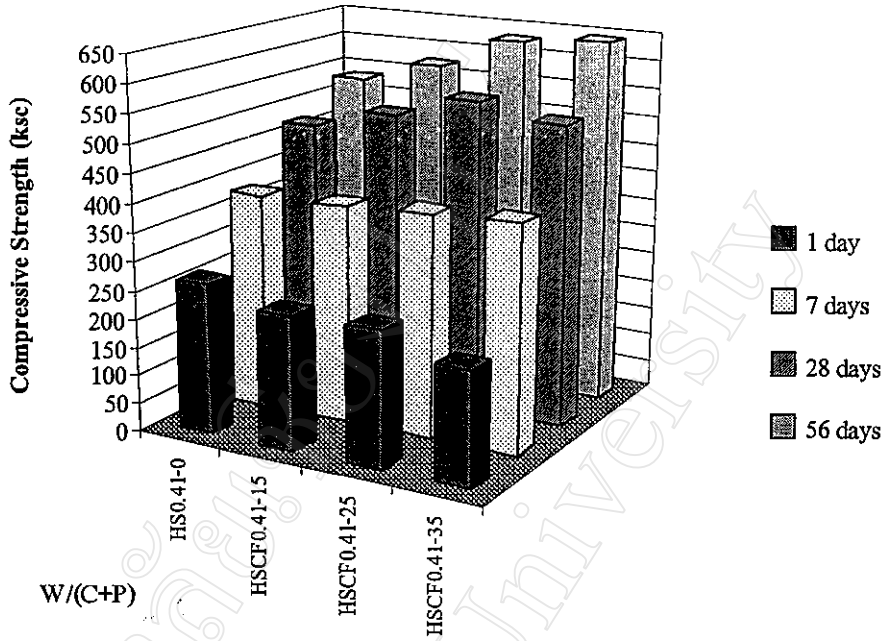
รูปที่ 5.9ง กำลังอัดของคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยแบบต่างๆ ในปริมาณร้อยละ 25 เทียบกับคอนกรีตควบคุม ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานเท่ากับ 0.38 เมื่อมีอายุ 1- 56 วัน



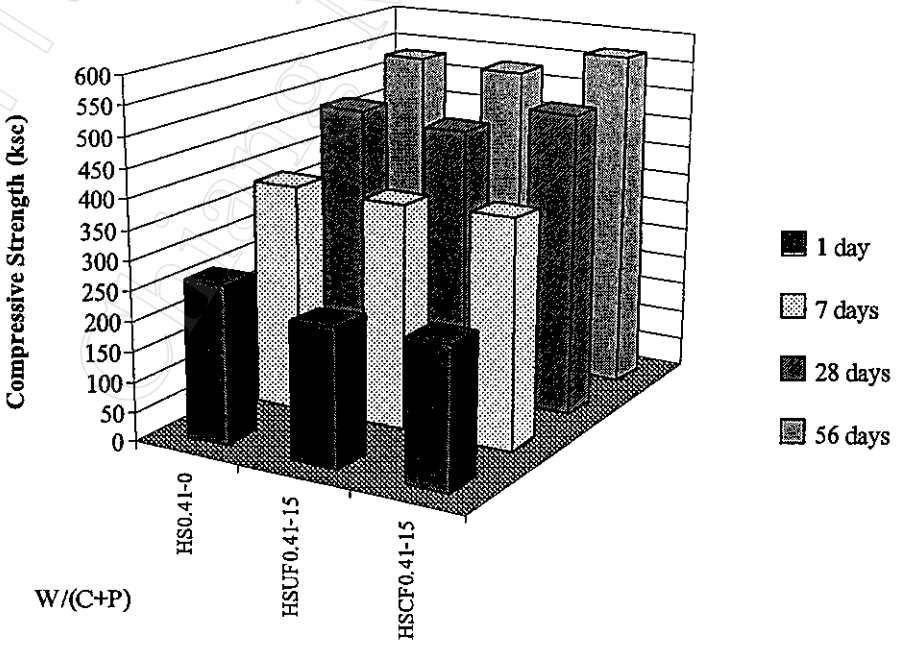
รูปที่ 5.9จ กำลังอัดของคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยแบบต่างๆ ในปริมาณร้อยละ 35 เทียบกับคอนกรีตควบคุม ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานเท่ากับ 0.38 เมื่อมีอายุ 1- 56 วัน



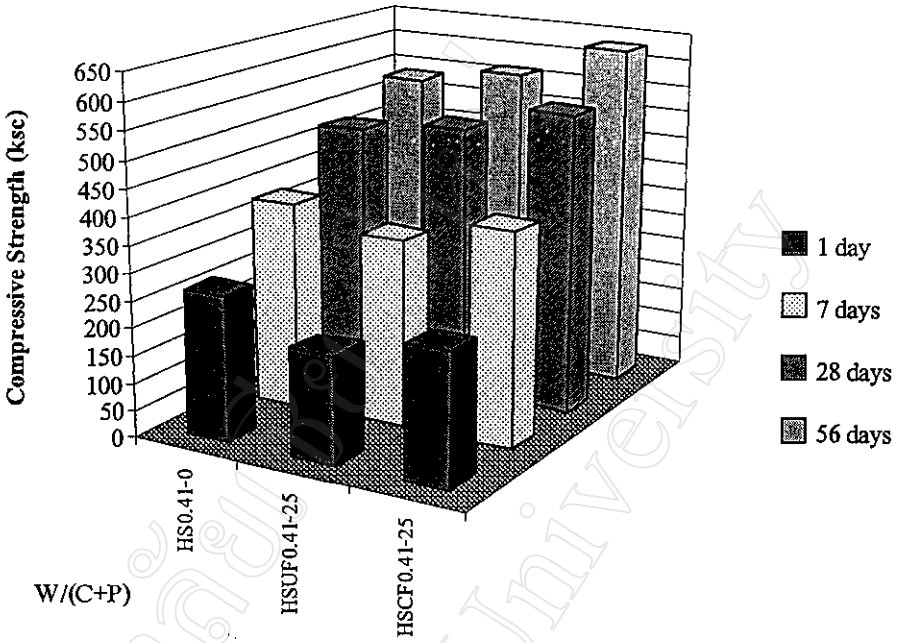
รูปที่ 5.10ก กำลังอัดของคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยแบบไม่คัดแยกขนาดในปริมาณต่างๆ เทียบกับคอนกรีตควบคุม ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานเท่ากับ 0.41 เมื่อมีอายุ 1- 56 วัน



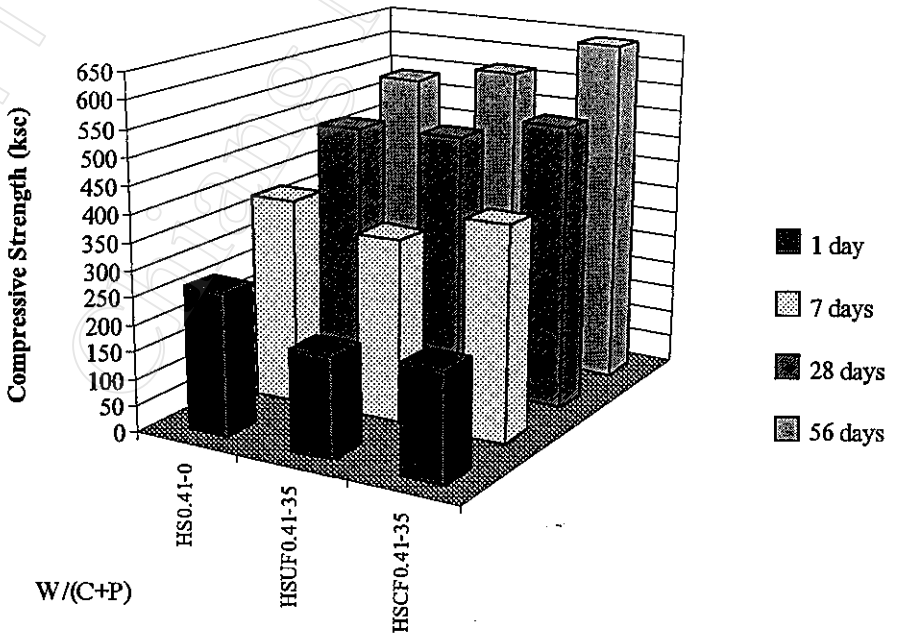
รูปที่ 5.10ข กำลังอัดของคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยแบบคัดแยกขนาดในปริมาณต่างๆ เทียบกับคอนกรีตควบคุม ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานเท่ากับ 0.41 เมื่อมีอายุ 1- 56 วัน



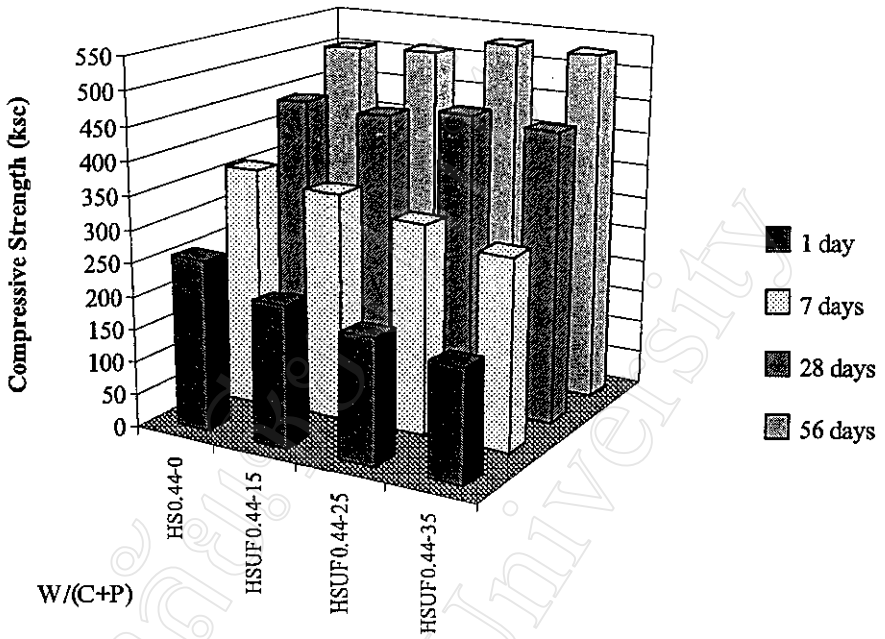
รูปที่ 5.10ค กำลังอัดของคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยแบบต่างๆ ในปริมาณร้อยละ 15 เทียบกับคอนกรีตควบคุม ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานเท่ากับ 0.41 เมื่อมีอายุ 1- 56 วัน



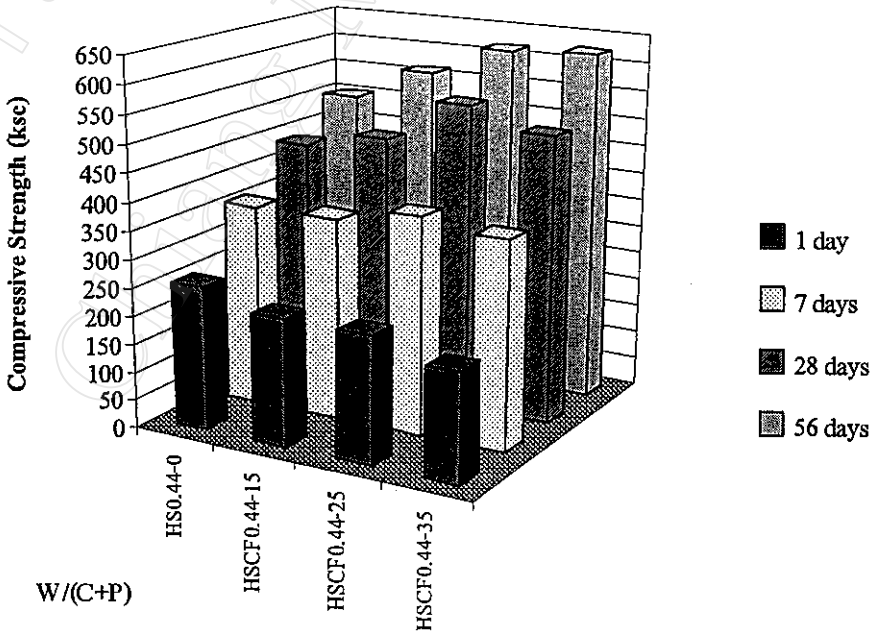
รูปที่ 5.10ง กำลังอัดของคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยแบบต่างๆ ในปริมาณร้อยละ 25 เทียบกับคอนกรีตควบคุม ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานเท่ากับ 0.41 เมื่อมีอายุ 1- 56 วัน



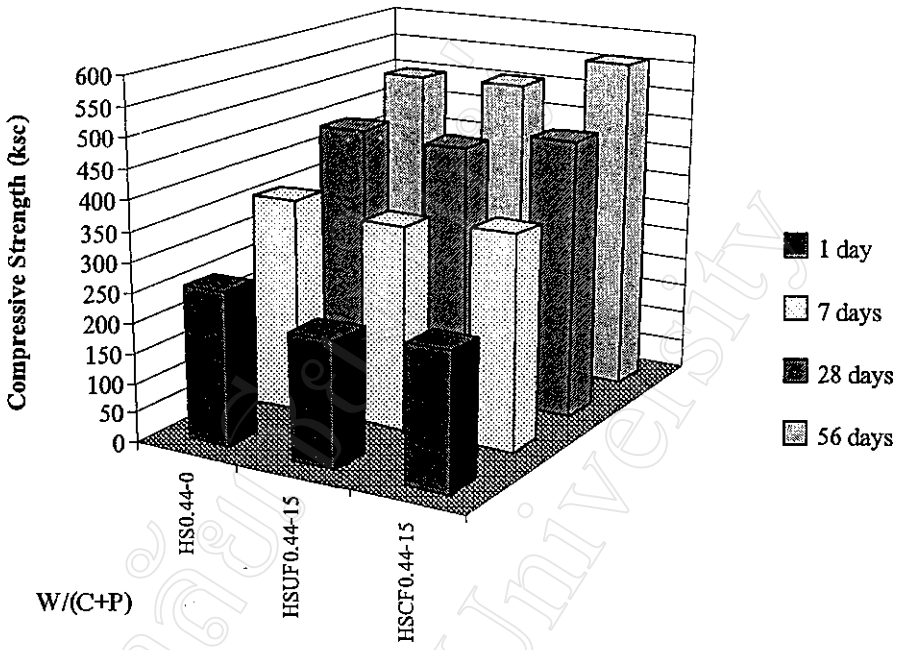
รูปที่ 5.10จ กำลังอัดของคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยแบบต่างๆ ในปริมาณร้อยละ 35 เทียบกับคอนกรีตควบคุม ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานเท่ากับ 0.41 เมื่อมีอายุ 1- 56 วัน



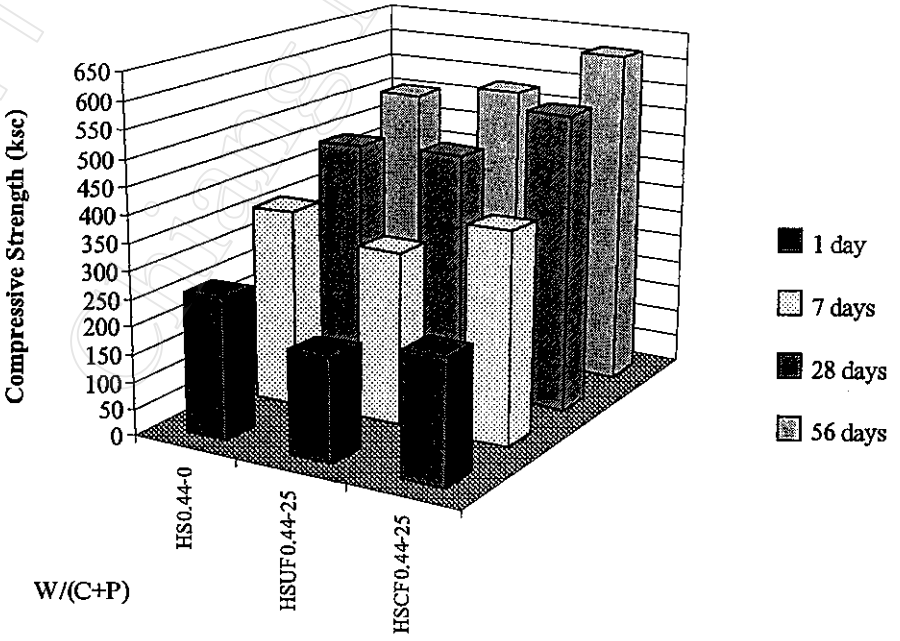
รูปที่ 5.11ก กำลังอัดของคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยแบบไม่คัดแยกขนาดในปริมาณต่างๆ เทียบกับคอนกรีตควบคุม ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานเท่ากับ 0.44 เมื่อมีอายุ 1- 56 วัน



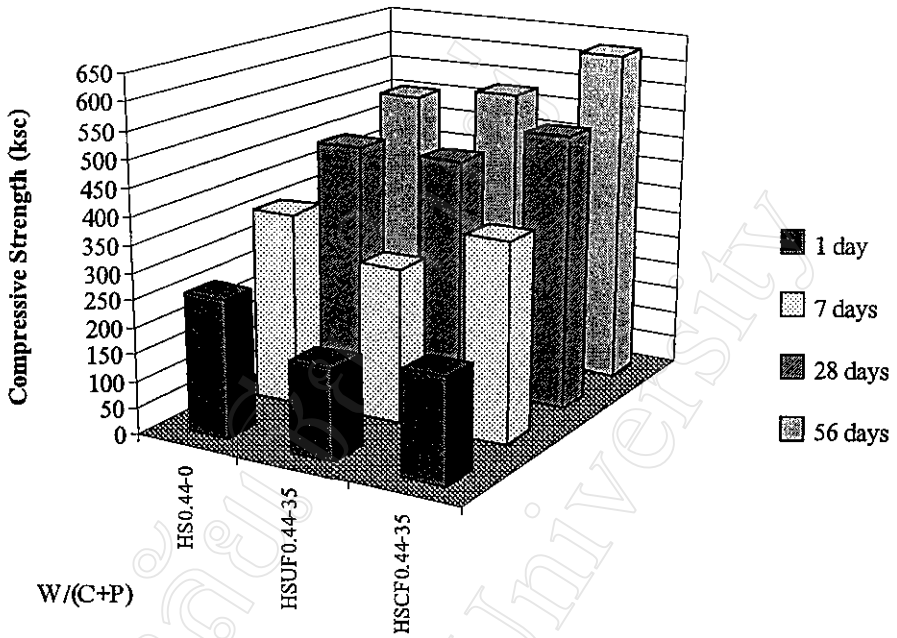
รูปที่ 5.11ข กำลังอัดของคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยแบบคัดแยกขนาดในปริมาณต่างๆ เทียบกับคอนกรีตควบคุม ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานเท่ากับ 0.44 เมื่อมีอายุ 1- 56 วัน



รูปที่ 5.11ค กำลังอัดของคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยแบบต่างๆ ในปริมาณร้อยละ 15 เทียบกับคอนกรีตควบคุม ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานเท่ากับ 0.44 เมื่อมีอายุ 1- 56 วัน



รูปที่ 5.11ง กำลังอัดของคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยแบบต่างๆ ในปริมาณร้อยละ 25 เทียบกับคอนกรีตควบคุม ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานเท่ากับ 0.44 เมื่อมีอายุ 1- 56 วัน



รูปที่ 5.11จ กำลังอัดของคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยแบบต่างๆ ในปริมาณร้อยละ 35 เทียบกับคอนกรีตควบคุม ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานเท่ากับ 0.44 เมื่อมีอายุ 1- 56 วัน

5.2.2 การพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตผสมเถ้าลอย

จากตารางที่ 5.2 และรูปที่ 5.1 ถึง 5.11 จะเห็นได้ว่าทั้งคอนกรีตผสมเถ้าลอยแบบคัดแยกขนาดและไม่คัดแยกขนาดในทุกอัตราส่วน W/(C+P) มีการพัฒนากำลังอัดที่อายุ 1 วันช้ากว่าคอนกรีตควบคุม แต่คอนกรีตผสมเถ้าลอยแบบคัดแยกขนาดมีการพัฒนากำลังอัดได้ใกล้เคียงกับคอนกรีตควบคุมที่อายุ 7 วันและพัฒนากำลังอัดได้ดีกว่าคอนกรีตควบคุมที่อายุมากกว่า 7 วันขึ้นไป ส่วนคอนกรีตผสมเถ้าลอยแบบไม่คัดแยกขนาดมีการพัฒนากำลังอัดที่อายุต้นๆ ช้ากว่าคอนกรีตควบคุม แต่ที่ปริมาณการแทนที่ด้วยเถ้าลอยร้อยละ 25 และ 35 จะมีการพัฒนากำลังอัดที่ใกล้เคียงกับคอนกรีตควบคุมที่อายุ 28 วัน และที่ปริมาณการแทนที่ด้วยเถ้าลอยร้อยละ 15 จะมีแนวโน้มการพัฒนากำลังอัดได้ใกล้เคียงกับคอนกรีตควบคุมที่อายุ 56 วัน และจากผลกำลังอัดทั้งหมดที่ได้จากการทดสอบสามารถสังเกตเกี่ยวกับการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยได้ดังนี้

1.เมื่อพิจารณาผลของอัตราส่วน W/(C+P) ต่อการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยทั้งแบบคัดแยกขนาดและไม่คัดแยกขนาดเมื่อเทียบกับคอนกรีตควบคุม พบว่าแนวโน้มการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตอายุ 1 วันจะลดลงเมื่ออัตราส่วน W/(C+P) เพิ่มมากขึ้นที่ทุกปริมาณการแทนที่ด้วยเถ้าลอย แต่ที่อายุ 7 วันผลของอัตราส่วน W/(C+P) ที่มีต่อการพัฒนากำลังอัดไม่ชัดเจน ส่วนที่อายุ 28 วันแนวโน้มการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตผสมเถ้าลอยจะเพิ่มมากขึ้น

เมื่ออัตราส่วน W/(C+P) สูงขึ้นในทุกปริมาณการแทนที่ด้วยเถ้าลอย และที่อายุ 56 วันในคอนกรีตผสมเถ้าลอยแบบคัดแยกขนาดแนวโน้มการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตจะเพิ่มมากขึ้นเมื่ออัตราส่วน W/(C+P) สูงขึ้นในทุกปริมาณการแทนที่ด้วยเถ้าลอย แต่คอนกรีตผสมเถ้าลอยแบบไม่คัดแยกขนาดไม่มีแนวโน้มที่ที่ชัดเจน

2. เมื่อพิจารณาถึงผลของความละเอียดของเถ้าลอยที่มีต่อการพัฒนากำลังอัดที่ทุกอัตราส่วน W/(C+P) และปริมาณร้อยละการแทนที่ด้วยเถ้าลอย พบว่าคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยแบบคัดแยกขนาดซึ่งมีความละเอียดมากกว่าจะมีการพัฒนากำลังอัดที่อายุต้นๆ ได้ดีกว่าคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยแบบไม่คัดแยกขนาด และนอกจากนี้เมื่ออายุมากขึ้นคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยแบบคัดแยกขนาดจะมีการพัฒนากำลังอัดได้ดีกว่าอย่างเห็นได้ชัดดังรูปที่ 5.8 ถึง 5.11

3. เมื่อพิจารณาถึงปริมาณการแทนที่ของเถ้าลอยที่มีต่อการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตผสมเถ้าลอย พบว่าในคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยแบบคัดแยกขนาด คอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยร้อยละ 15 จะมีการพัฒนากำลังที่อายุ 1 วันได้ดีกว่าที่ปริมาณการแทนที่ร้อยละ 25 และ 35 แต่ที่อายุ 7 วันถึง 28 วันคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยร้อยละ 25 จะมีการพัฒนากำลังอัดได้ดีที่สุด แต่เมื่ออายุมากขึ้นหรือที่อายุ 56 วันการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยร้อยละ 35 จะใกล้เคียงหรือดีกว่าร้อยละ 25 และดีกว่าร้อยละ 15 ดังแสดงในรูปที่ 5.8 ถึง 5.11

ส่วนในคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยแบบไม่คัดแยกขนาด พบว่าในช่วงอายุ 7 วันแรกคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยร้อยละ 15 จะมีการพัฒนากำลังอัดได้ดีกว่าปริมาณการแทนที่อื่นๆ และการพัฒนากำลังอัดจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อมีปริมาณร้อยละการแทนที่มากขึ้น แต่ที่อายุ 28 วันคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยร้อยละ 25 จะมีการพัฒนากำลังอัดได้ดีกว่าร้อยละ 15 และ 35 แต่เมื่ออายุมากขึ้นการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยร้อยละ 35 จะใกล้เคียงกับร้อยละ 25 และดีกว่าร้อยละ 15

5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสาน

การพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสาน จะใช้วิธีการเลือกชนิดความสัมพันธ์โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ยกกำลังสอง (R^2) ถ้าความสัมพันธ์แบบใดให้ค่าดังกล่าวใกล้เคียงหนึ่งมากที่สุด แสดงว่าข้อมูลมีความสัมพันธ์ตามนั้น

จากการวิเคราะห์ เมื่อให้ความสัมพันธ์ของกราฟทุกชุดเป็นแบบเอ็กซ์โปเนนเชี่ยน โดยมี รูปแบบดังสมการ

$$y = Ce^{-\alpha x} \qquad (5.1)$$

โดยให้ y แทน กำลังอัดประลัย (fc')

x แทน อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสาน (W/(C+P))

C และ α เป็น ค่าคงที่ใดๆ

พบว่า กราฟทั้งหมดมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ยกกำลังสอง (R^2) ใกล้เคียงหนึ่ง ดังรูปที่ 5.12 5.13 5.14 5.15 5.16 5.17 และ 5.18 ซึ่งเมื่อพิจารณาสมการของ Abrams (Abrams , 1918) ดังสมการ

$$fc'=\frac{A}{B^{w/c}} \qquad (5.2)$$

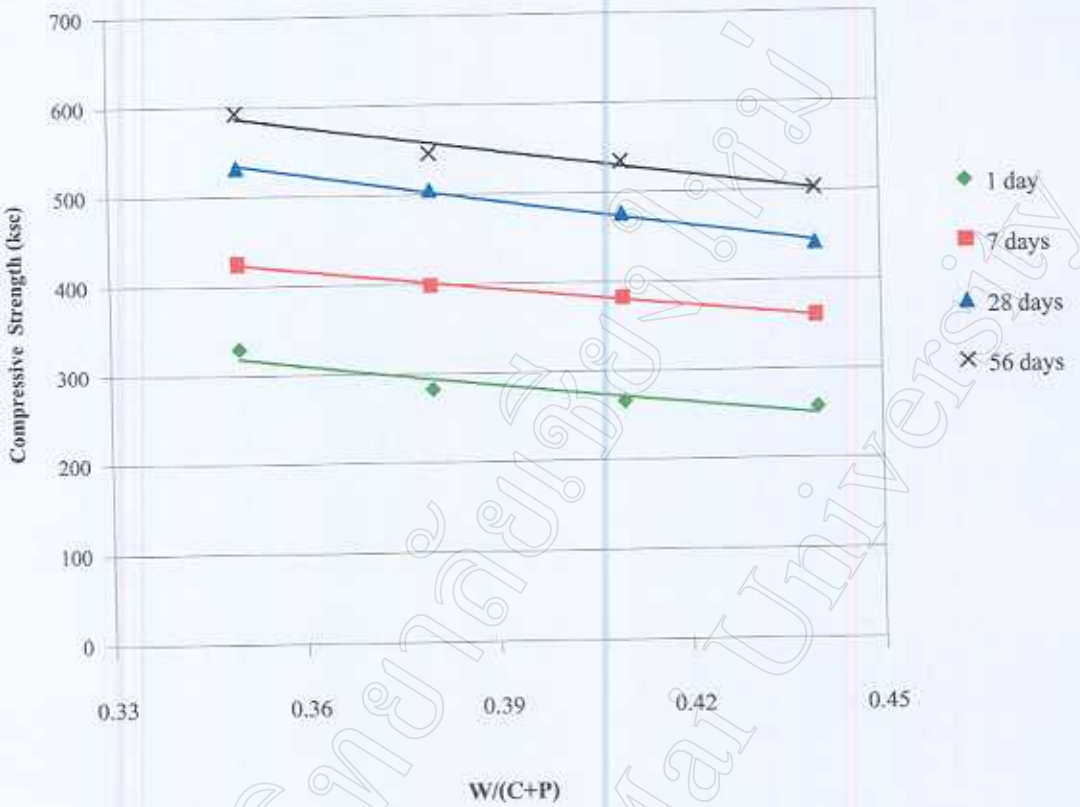
โดยที่ fc' คือ กำลังอัดของคอนกรีต

w/c คือ อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์

A และ B คือ ค่าคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับวัสดุผสมและสภาวะแวดล้อม

พบว่า สมการที่ (5.1) ก็คือสมการของ Abrams นั่นเอง โดย A และ B ในสมการที่ (5.2) คือ C และ e^{α} ในสมการ (5.1) ตามลำดับ ซึ่ง C และ α มีค่าดังแสดงในสมการความสัมพันธ์ตาม รูปที่ 5.12 ถึง 5.18 แสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสาน ยังคงเป็นไปตามกฎของ Abrams เช่นเดียวกับความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์

เมื่อนำความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานที่มีปริมาณการแทนที่ด้วยเถ้าลอยในแต่ละความละเอียดและปริมาณต่างๆ มาเปรียบเทียบกันที่อายุ 1 7 28 และ 56 วัน จะได้ดังรูปที่ 5.19 ถึง 5.22 ตามลำดับ ซึ่งจะนำมาใช้เป็นแนวทางในการทำนายกำลังอัดของคอนกรีตผสมเถ้าลอย แต่เนื่องจากรูปดังกล่าวได้จากผลการทดสอบกำลังอัดเฉลี่ยจากก้อนตัวอย่างชุดละ 5 ก้อนในห้องทดลองที่มีการควบคุมคุณสมบัติวัสดุทุกขั้นตอนเป็นอย่างดี ซึ่งการนำไปใช้งานจริงอาจไม่สามารถควบคุมคุณสมบัติวัสดุได้เหมือนในห้องทดลอง ทำให้กำลังอัดของคอนกรีตที่ได้มีโอกาสสูงที่จะมีค่าน้อยกว่าค่ากำลังอัดเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายตามมาในภายหลัง ดังนั้นการที่จะนำเอาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานไปใช้ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต จะต้องสร้างความน่าเชื่อถือเพื่อให้เกิดความมั่นใจว่า สามารถนำไปใช้งานได้อย่างปลอดภัย ซึ่งจะใช้วิธีการพิจารณาตามวิธีการทางสถิติดังแสดงในภาคผนวก จ.

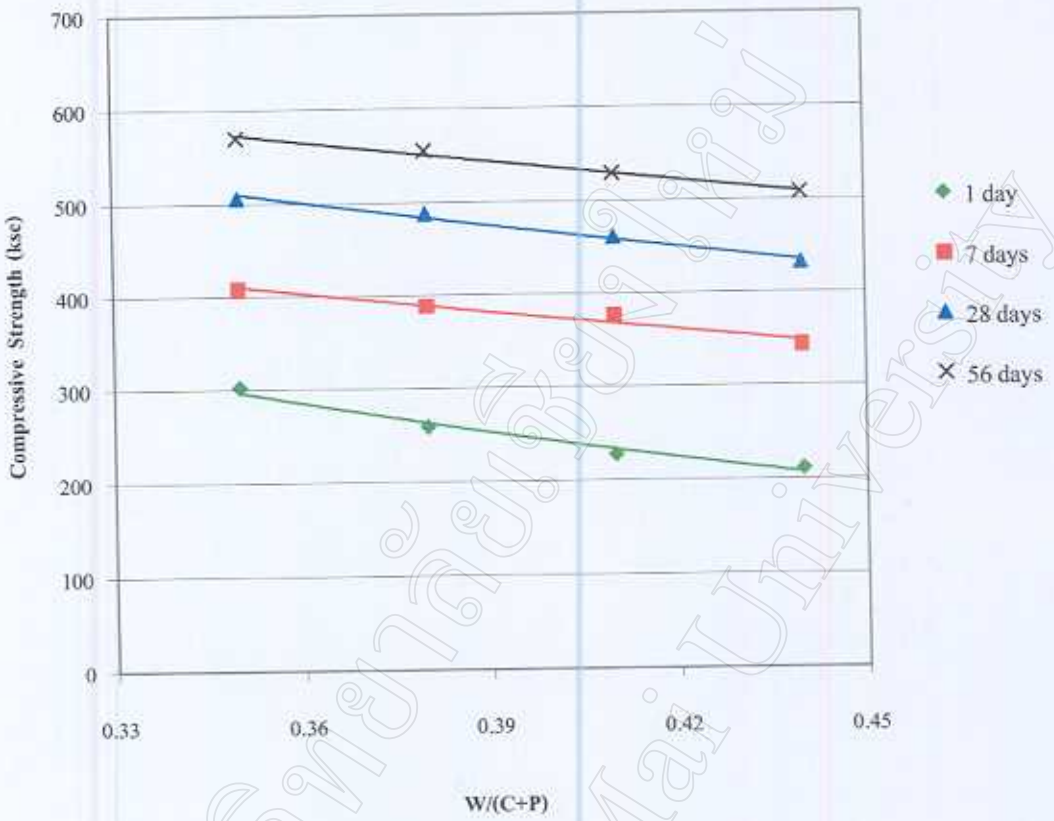


อายุ (วัน)	สมการเส้นแนวโน้ม	R^2
1	$y = 807.63e^{-2.6625x}$	0.8857
7	$y = 792.11e^{-1.785x}$	0.9942
28	$y = 1094.2e^{-2.0469x}$	0.9923
56	$y = 1079.9e^{-1.7402x}$	0.9533

รูปที่ 5.12 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดประลัยกับอัตราส่วน W/(C+P) สำหรับคอนกรีตควบคุม

*หมายเหตุ : x = อัตราส่วน W/(C+P) และ y = กำลังอัดของคอนกรีต (กก./ซม.^{2})

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

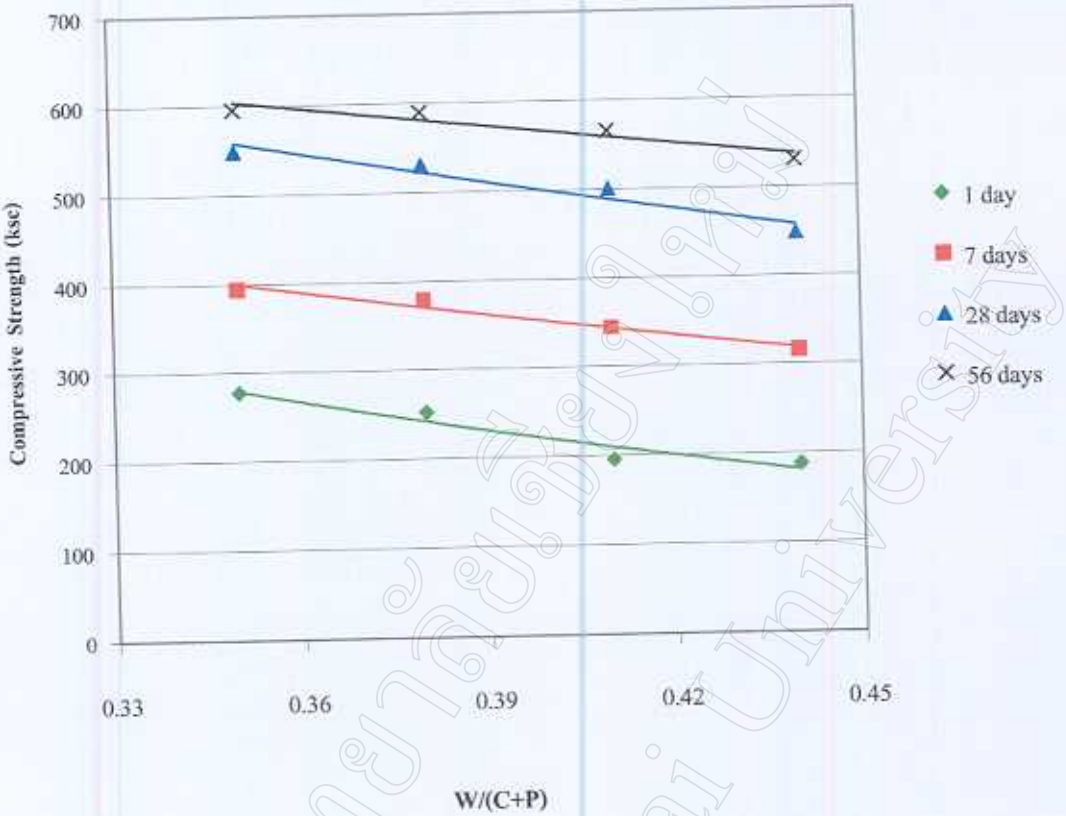


อายุ (วัน)	สมการเส้นแนวโน้ม	R^2
1	$y = 1204.7e^{-4.0005x}$	0.9764
7	$y = 777.3e^{-1.8219x}$	0.9557
28	$y = 941.89e^{-1.7823x}$	0.9859
56	$y = 904.68e^{-1.3082x}$	0.9879

รูปที่ 5.13 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดประลัยกับอัตราส่วน W/(C+P) สำหรับคอนกรีตผสมเถ้าลอยแบบไม่คัดแยกขนาดร้อยละ 15

*หมายเหตุ : x = อัตราส่วน W/(C+P) และ y = กำลังอัดของคอนกรีต (กก./ซม.^{2})

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

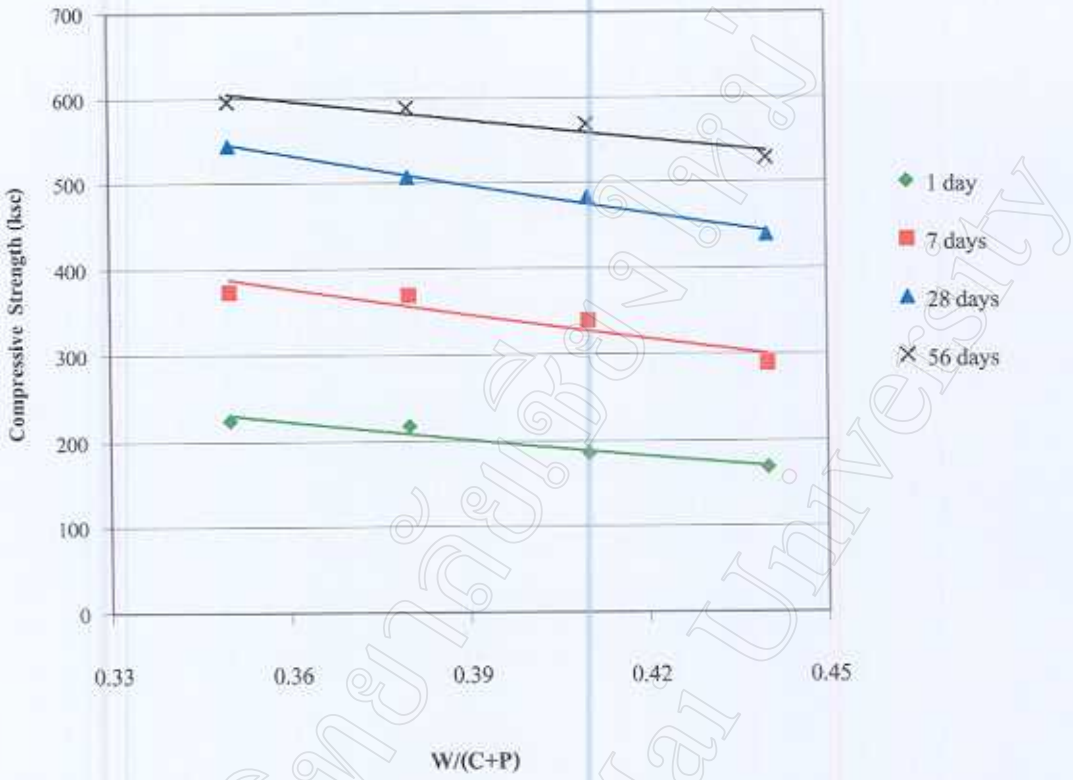


อายุ (วัน)	สมการเส้นแนวโน้ม	R^2
1	$y = 1472.9e^{-4.7546x}$	0.9261
7	$y = 966.53e^{-2.502x}$	0.9765
28	$y = 1205.4e^{-2.2005x}$	0.937
56	$y = 954.77e^{-1.3084x}$	0.916

รูปที่ 5.14 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดประลัยกับอัตราส่วน W/(C+P) สำหรับคอนกรีตผสมเถ้าลอยแบบไม่คัดแยกขนาดร้อยละ 25

*หมายเหตุ : x = อัตราส่วน W/(C+P) และ y = กำลังอัดของคอนกรีต (กก./ซม.^{2})

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

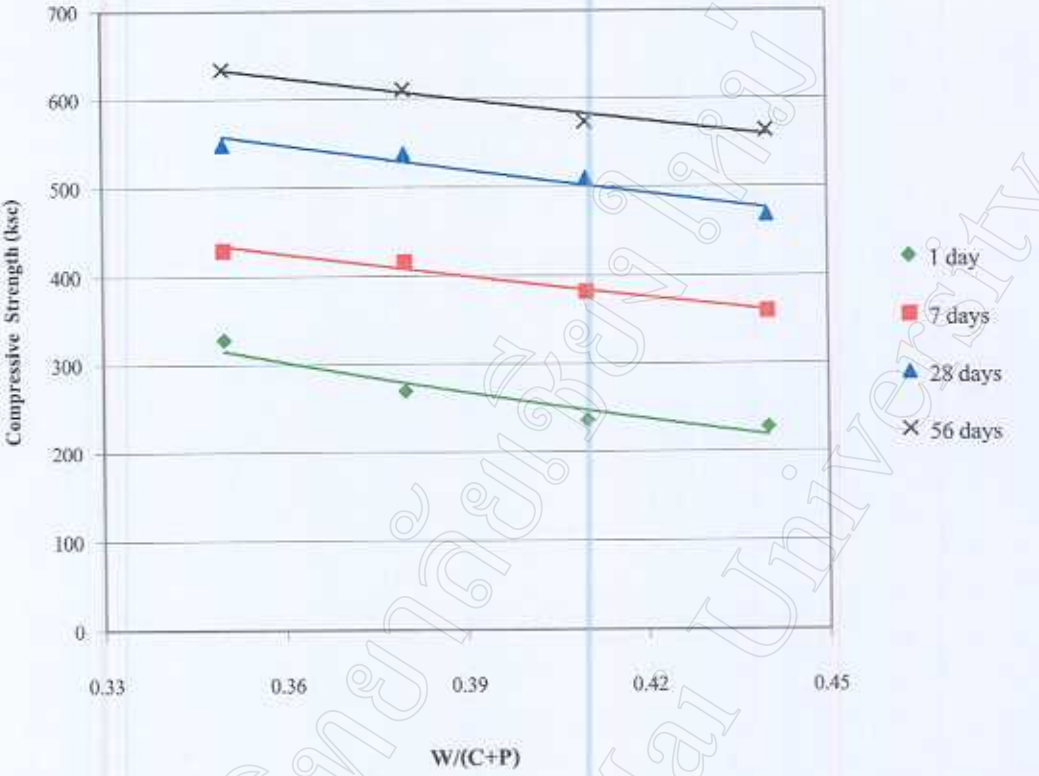


อายุ (วัน)	สมการเส้นแนวโน้ม	R^2
1	$y = 752.74e^{-3.3758x}$	0.9463
7	$y = 1052.4e^{-2.8483x}$	0.8697
28	$y = 1227.2e^{-2.3155x}$	0.9844
56	$y = 965.64e^{-1.3362x}$	0.8903

รูปที่ 5.15 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดประลัยกับอัตราส่วน W/(C+P) สำหรับคอนกรีตผสมเถ้าลอยแบบไม่คัดแยกขนาดร้อยละ 35

*หมายเหตุ : x = อัตราส่วน W/(C+P) และ y = กำลังอัดของคอนกรีต (กก./ซม.^{2})

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

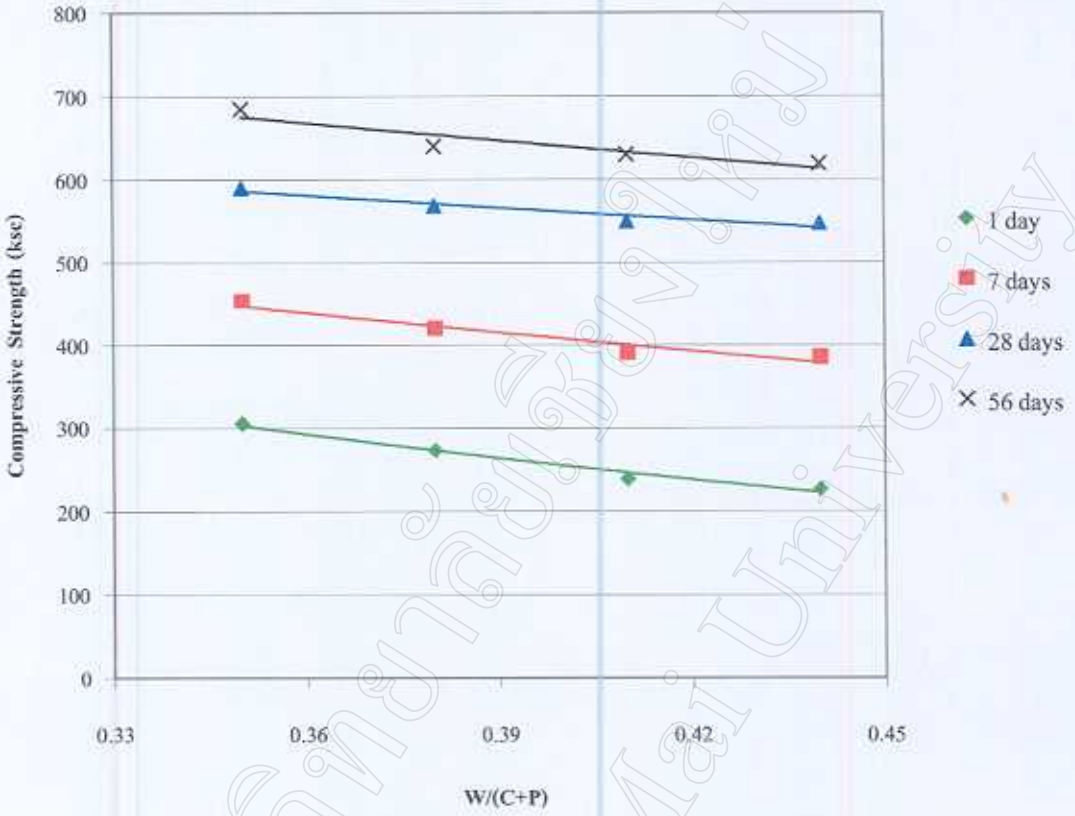


อายุ (วัน)	สมการเส้นแนวโน้ม	R^2
1	$y = 1309.5e^{-4.0644x}$	0.9166
7	$y = 884.43e^{-2.0345x}$	0.9717
28	$y = 1031.4e^{-1.7582x}$	0.9274
56	$y = 1029.9e^{-1.3907x}$	0.9616

รูปที่ 5.16 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดประลัยกับอัตราส่วน W/(C+P) สำหรับคอนกรีตผสมเถ้าลอยแบบคัดแยกขนาดร้อยละ 15

*หมายเหตุ : x = อัตราส่วน W/(C+P) และ y = กำลังอัดของคอนกรีต (กก./ซม.^{2})

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

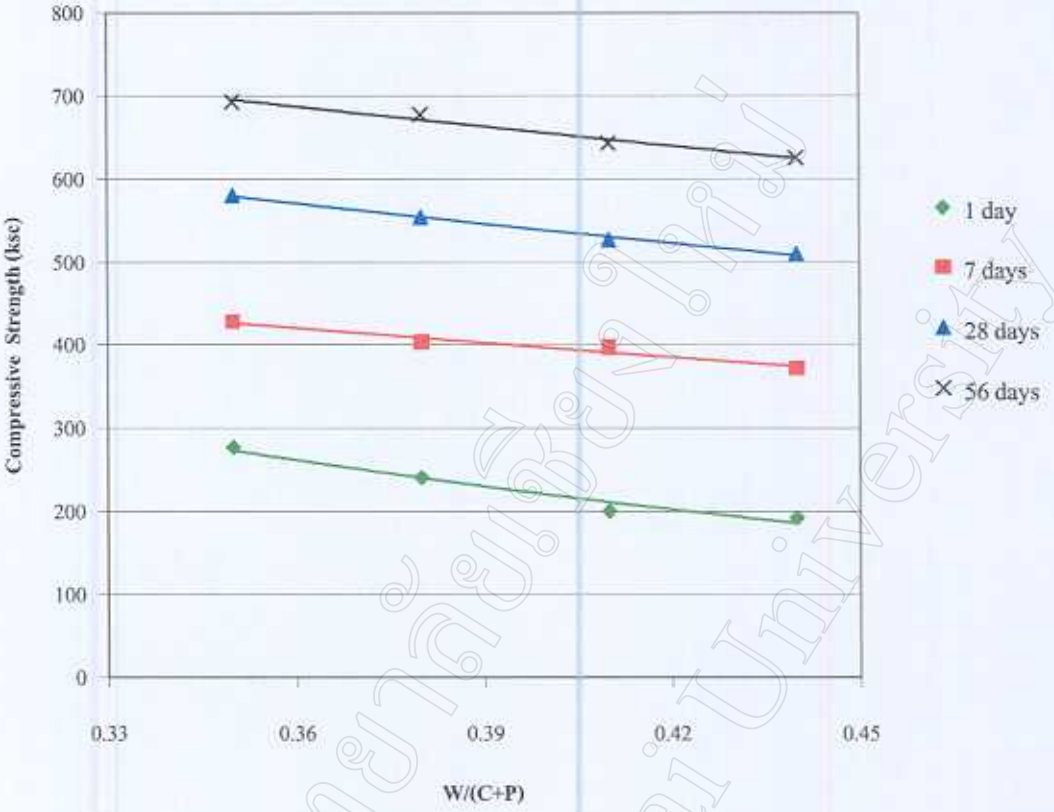


อายุ (วัน)	สมการเส้นแนวโน้ม	R^2
1	$y = 1005.8e^{-3.4302x}$	0.9745
7	$y = 851.84e^{-1.8386x}$	0.9255
28	$y = 791.5e^{-0.8594x}$	0.9229
56	$y = 979.5e^{-1.0658x}$	0.868

รูปที่ 5.17 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดประลัยกับอัตราส่วน W/(C+P) สำหรับคอนกรีตผสมเถ้าลอยแบบคัดแยกขนาดร้อยละ 25

*หมายเหตุ : x = อัตราส่วน W/(C+P) และ y = กำลังอัดของคอนกรีต (กก./ซม.^{2})

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

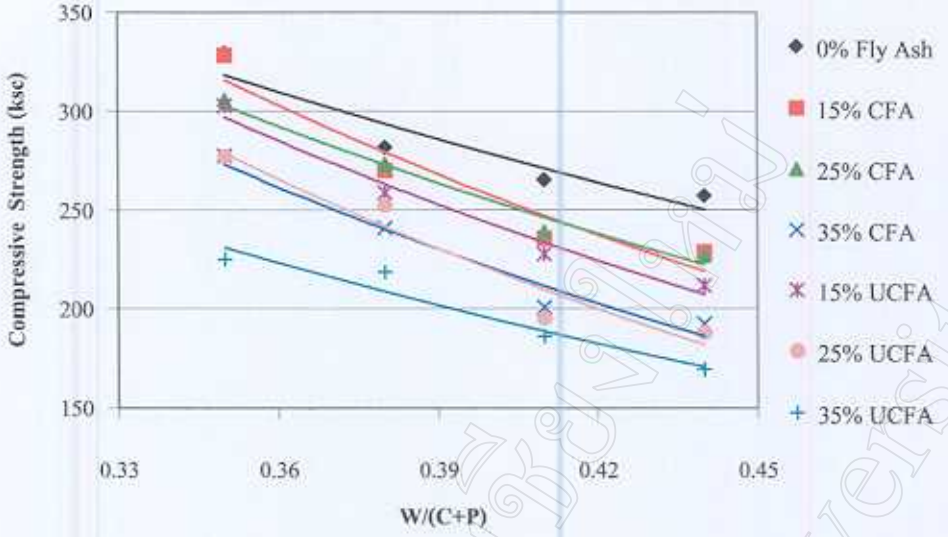


อายุ (วัน)	สมการเส้นแนวโน้ม	R^2
1	$y = 1215.1e^{-4.2639x}$	0.9524
7	$y = 716.31e^{-1.4783x}$	0.9503
28	$y = 967.55e^{-1.4641x}$	0.9921
56	$y = 1057.5e^{-1.1962x}$	0.9759

รูปที่ 5.18 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดประลัยกับอัตราส่วน W/(C+P) สำหรับคอนกรีตผสมเถ้าลอยแบบคัดแยกขนาดร้อยละ 35

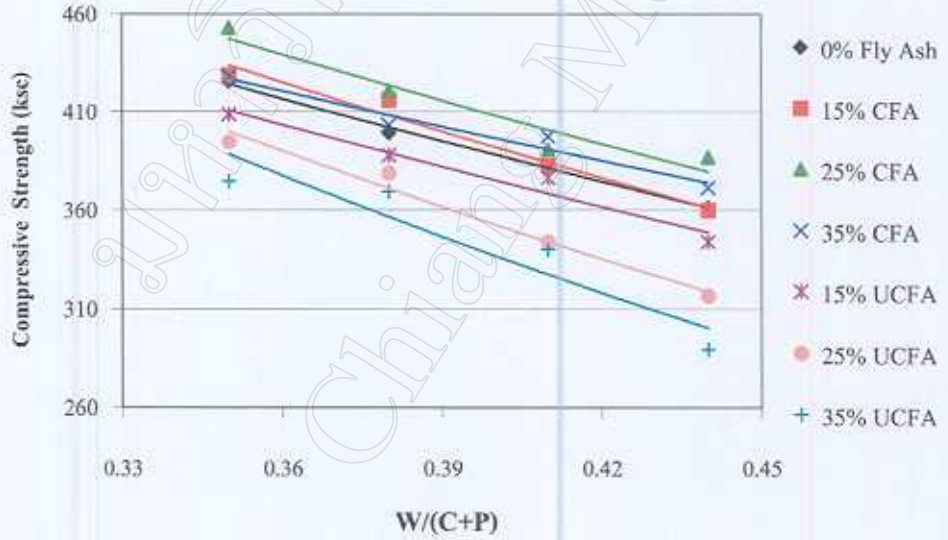
*หมายเหตุ : x = อัตราส่วน W/(C+P) และ y = กำลังอัดของคอนกรีต (กก./ซม.^{2})

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



รูปที่ 5.19 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดประลัยกับอัตราส่วน W/(C+P) ที่อายุ 1 วัน

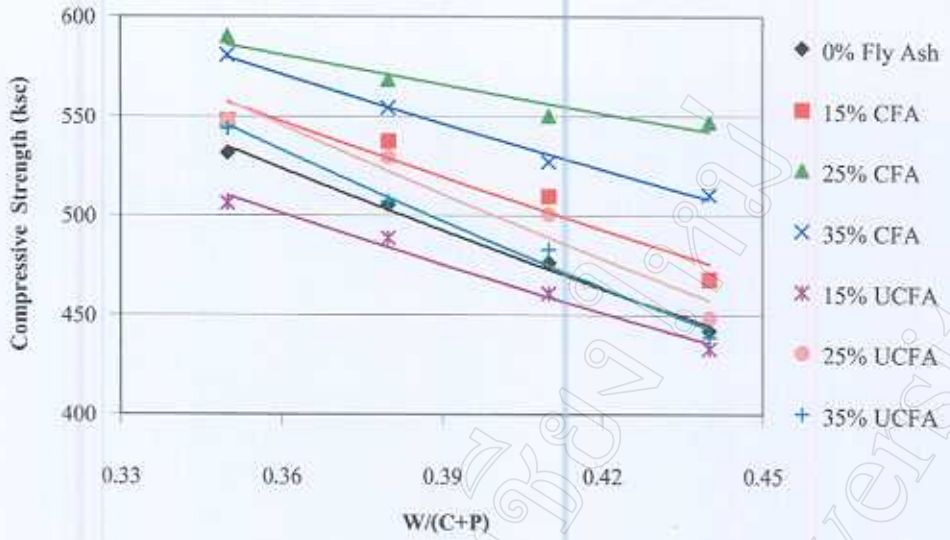
*หมายเหตุ : CFA = เถ้าลอยแบบคัดแยกขนาด และ UCFA = เถ้าลอยแบบไม่คัดแยกขนาด



รูปที่ 5.20 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดประลัยกับอัตราส่วน W/(C+P) ที่อายุ 7 วัน

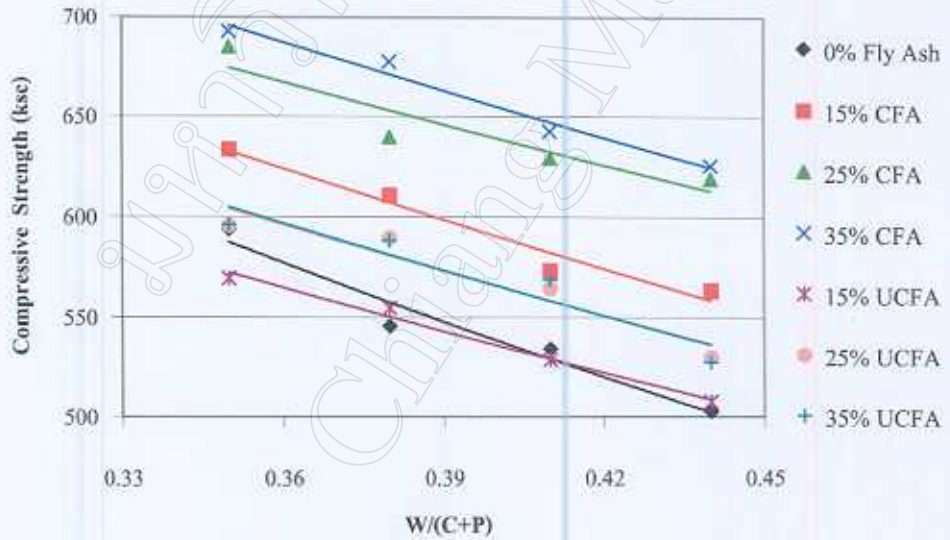
*หมายเหตุ : CFA = เถ้าลอยแบบคัดแยกขนาด และ UCFA = เถ้าลอยแบบไม่คัดแยกขนาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



รูปที่ 5.21 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดประลัยกับอัตราส่วน W/(C+P) ที่อายุ 28 วัน

*หมายเหตุ : CFA = เถ้าลอยแบบคัดแยกขนาด และ UCFA = เถ้าลอยแบบไม่คัดแยกขนาด



รูปที่ 5.22 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดประลัยกับอัตราส่วน W/(C+P) ที่อายุ 56 วัน

*หมายเหตุ : CFA = เถ้าลอยแบบคัดแยกขนาด และ UCFA = เถ้าลอยแบบไม่คัดแยกขนาด

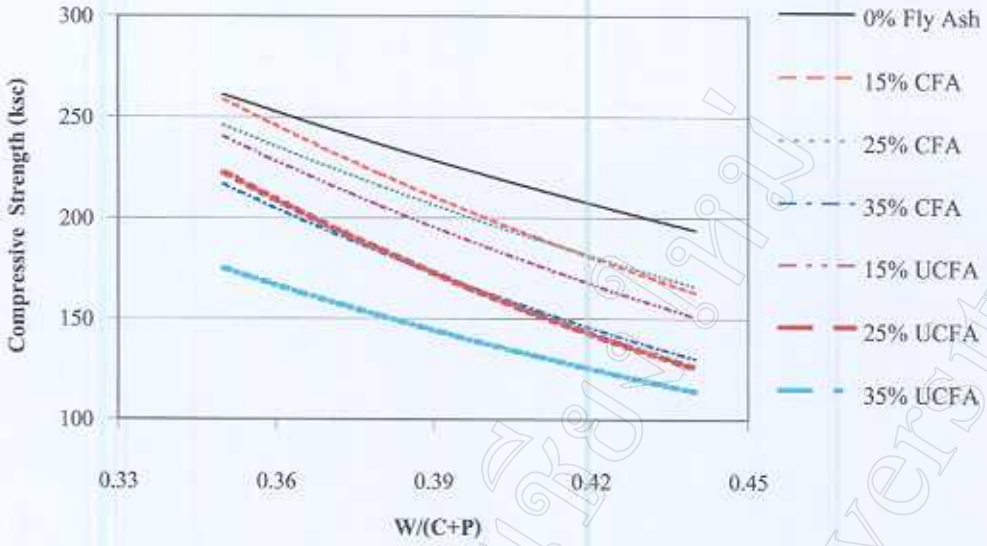
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

5.4 การแปลความหมายและการนำเอาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานไปใช้

จากวิธีการทางสถิติในภาคผนวก จ สามารถนำไปปรับปรุงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานเพื่อให้เหมาะกับการนำไปใช้งาน ซึ่งได้ผลดังแสดงในรูปที่ 5.23 5.24 5.25 และ 5.26 และสามารถแสดงในรูปแบบตารางดังตารางที่ 5.6 สำหรับกำลังอัดที่อายุ 1 7 28 และ 56วันตามลำดับ

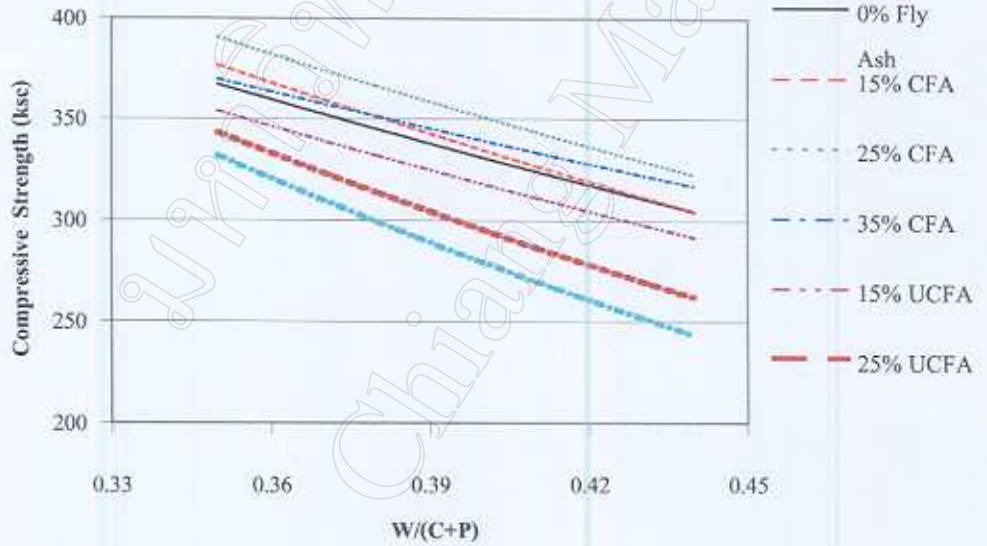
เส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์ที่ได้นี้นอกจากจะสามารถนำไปใช้ออกแบบส่วนผสมคอนกรีตผสมเถ้าลอยแม่เมาะแล้ว ยังสามารถใช้ปรับปรุงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์สำหรับคอนกรีตที่ไม่ผสมเถ้าลอยของเอซีไอที่มีอยู่เดิม เพื่อให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของวัสดุผสมที่มีอยู่ในประเทศไทยได้อีกด้วย

สำหรับวิธีการนำไปใช้นั้น ขั้นตอนการออกแบบส่วนผสมที่เกี่ยวข้องกับเถ้าลอยจะมีอยู่ 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนของการเลือกน้ำสำหรับค่าการยุบตัว และ ขั้นตอนของการเลือกอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานสำหรับกำลังอัดประลัยที่ต้องการ โดยขั้นตอนของการเลือกน้ำให้ใช้ตารางที่ 5.1 ช่วยในการพิจารณา ส่วนขั้นตอนของการเลือกอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานใช้รูปที่ 5.23 5.24 5.25 และ 5.26 หรือ ตารางที่ 5.3 ส่วนขั้นตอนอื่นๆ ก็ปฏิบัติตามวิธีการปกติตามที่เสนอไปแล้วในบทที่ 3



รูปที่ 5.23 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดประลัยที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับอัตราส่วน W/(C+P) ที่อายุ 1 วัน

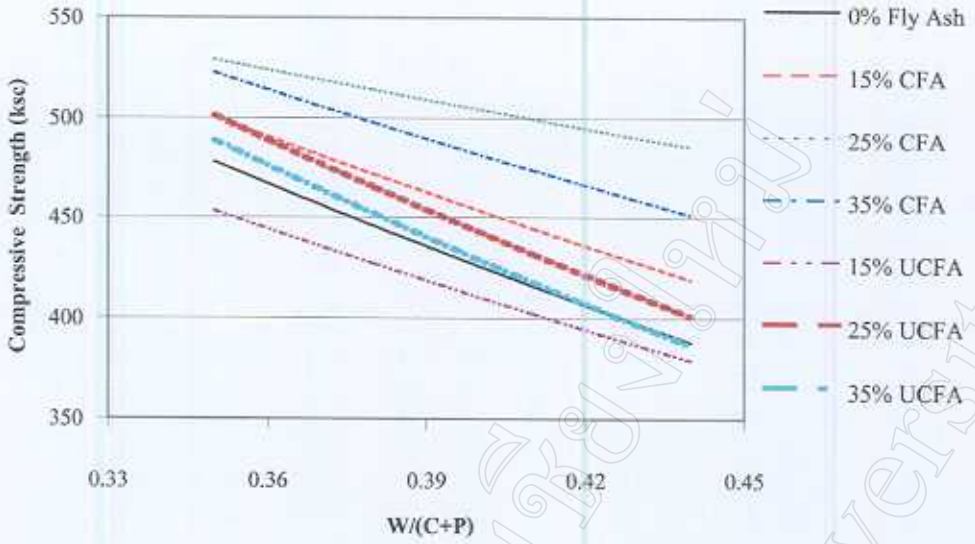
*หมายเหตุ : CFA = เถ้าลอยแบบคัดแยกขนาด และ UCFA = เถ้าลอยแบบไม่คัดแยกขนาด



รูปที่ 5.24 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดประลัยที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับอัตราส่วน W/(C+P) ที่อายุ 7 วัน

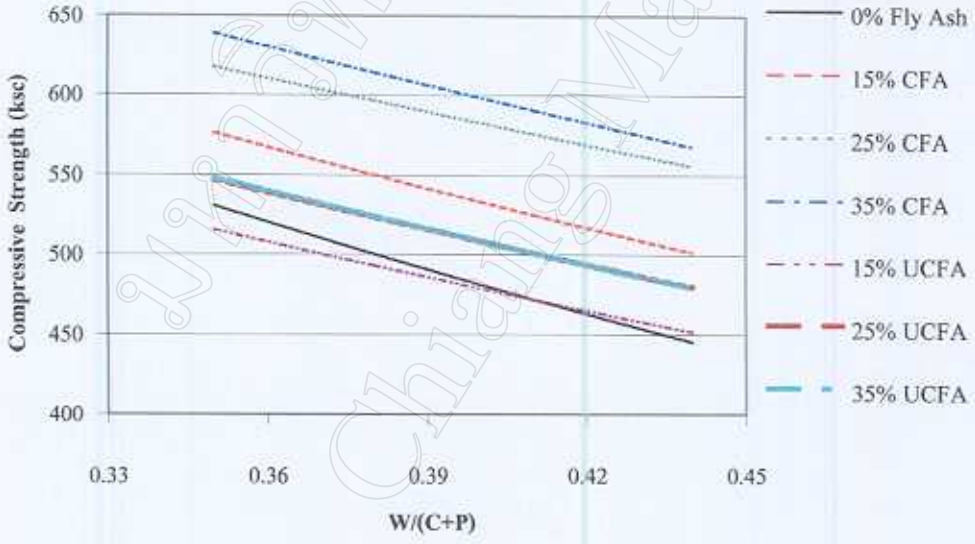
*หมายเหตุ : CFA = เถ้าลอยแบบคัดแยกขนาด และ UCFA = เถ้าลอยแบบไม่คัดแยกขนาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



รูปที่ 5.25 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดประลัยที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับอัตราส่วน W/(C+P) ที่อายุ 28 วัน

*หมายเหตุ : CFA = เถ้าลอยแบบคัดแยกขนาด และ UCFA = เถ้าลอยแบบไม่คัดแยกขนาด



รูปที่ 5.26 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดประลัยที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับอัตราส่วน W/(C+P) ที่อายุ 56

*หมายเหตุ : CFA = เถ้าลอยแบบคัดแยกขนาด และ UCFA = เถ้าลอยแบบไม่คัดแยกขนาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตารางที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดประลัยใช้งานกับอัตราส่วน W/(C+P)

กำลังอัดประลัยใช้งาน (กก./ซม.^{2})		W/(C+P) สำหรับหินขนาดใหญ่สุด 3/8 นิ้ว						
		ปริมาณเถ้าลอยแม่เมาะในส่วนผสม, ร้อยละ						
			เถ้าลอยคัดแยกขนาด			เถ้าลอยไม่คัดแยกขนาด		
		0%	15%	25%	35%	15%	25%	35%
630	56-วัน	-	-	-	0.36	-	-	-
600	56-วัน	-	-	0.37	0.40	-	-	-
570	56-วัน	-	0.36	0.42	0.44	-	-	-
540	56-วัน	-	0.39	-	-	-	0.36	0.36
510	28-วัน	-	-	0.39	0.37	-	-	-
	56-วัน	0.37	0.43	-	-	0.36	0.40	0.40
480	28-วัน	0.35	0.37	-	0.40	-	0.37	0.36
	56-วัน	0.40	-	-	-	0.40	0.44	0.44
450	28-วัน	0.38	0.40	-	0.44	0.35	0.39	0.38
	56-วัน	0.43	-	-	-	0.43	-	-
420	28-วัน	0.41	0.44	-	-	0.39	0.42	0.41
390	7 -วัน	-	-	0.35	-	-	-	-
	28-วัน	0.44	-	-	-	0.43	-	0.44
360	7 -วัน	0.36	0.37	0.39	0.37	-	-	-
330	7 -วัน	0.40	0.41	0.43	0.42	0.38	0.36	0.35
300	7 -วัน	-	-	-	-	0.43	0.40	0.38
270	7 -วัน	-	-	-	-	-	0.43	0.41
240	1 -วัน	0.38	0.36	0.36	-	0.35	-	-
	7 -วัน	-	-	-	-	-	-	0.44
210	1 -วัน	0.42	0.39	0.39	0.36	0.38	0.36	-
180	1 -วัน	-	0.42	0.42	0.38	0.41	0.38	-
150	1 -วัน	-	-	-	0.41	0.44	0.41	0.38

หมายเหตุ ช่องว่างที่เว้นไว้ คือค่าที่ไม่ได้อยู่ในขอบเขตงานวิจัย และค่าที่อยู่ในช่องแรเงาจะให้กำลังอัดที่อายุ 28 วันต่ำกว่า 420 กก./ซม.^{2}